

DAD
CIÓN



ACADEMIA

RECREACION

FILOSOFICA

I

B795

A45

1841

V.1

c.2

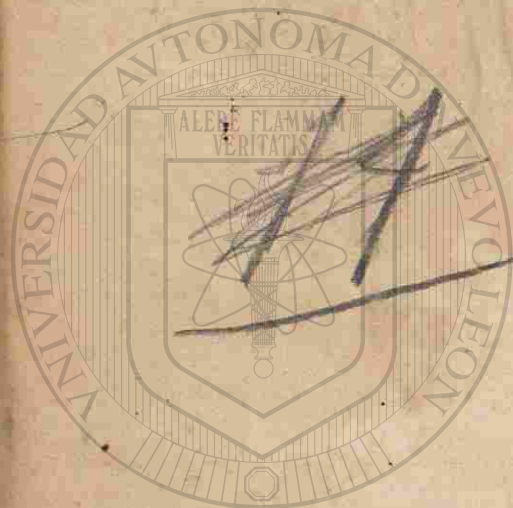
Viviano



1080042711

107 + 500

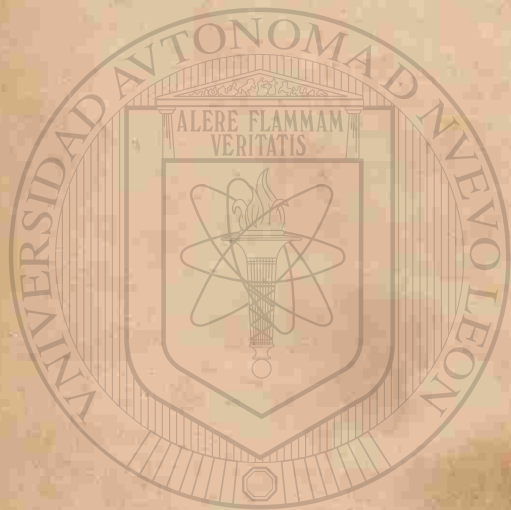
E#46#99



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

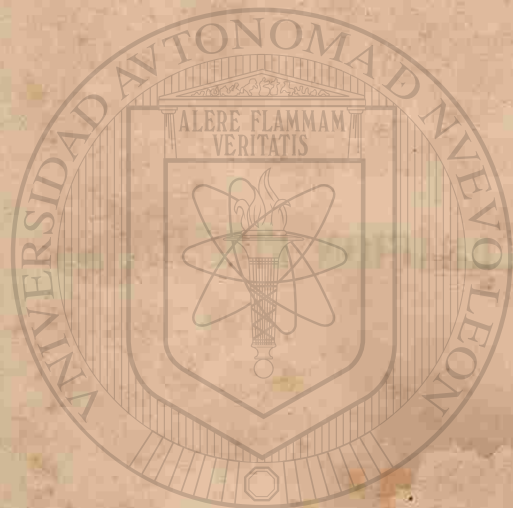


RECREACION FILOSOFICA.

UANL

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



RECREACION FILOSOFICA

Ó DIALOGO SOBRE

LA FILOSOFIA NATURAL,

PARA INSTRUCCION DE PERSONAS CURIOSAS

QUE NO HAN FRECUENTADO LAS AULAS;

OBRA ESCRITA EN PORTUGUES

POR EL P. D. TEODORO DE ALMEIDA,

De la Congr. del Oratorio de S. Felipe Neri,
y de la Academia de las Ciencias de Lisboa, socio de la real
Sociedad de Londres y de la de Viscaya.

traducida al castellano.

NUEVA EDICION,

CONSIDERABLEMENTE REFUNDIDA, AUMENTADA Y PUESTA AL NIVEL
DE LOS CONOCIMIENTOS ACTUALES,

POR D. PEDRO MATA,

Médico cirujano de la ciudad de Barcelona,
miembro titular y corresponsal del círculo médico de Montpellier,
miembro corresponsal de la sociedad médico-
cirúrgica de la misma ciudad, etc.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

TOMO I.

110486

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

PARIS,

LIBRERIA DE ROSA.

Paris. — Schneider y Langrand.

1844. 36830

B795
P45
1841



FONDO BIBLIOTECA PÚBLICA
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

A MI PADRE,

Médico de la villa de Rens, etc.

Amor y reconocimiento filial ;

A M. Joseph Castu,

Literato en París, etc.

Respeto afectuoso y acendrada gratitud ;

A Don Rafael Saura,

Médico-cirujano por la Facultad de París, etc.

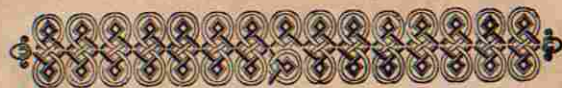
Amistad inalterable y profundo agradecimiento ;

Pedro Mata.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





DISCURSO PRELIMINAR.

Desde su aparición en Portugal y su traducción en España, la *Recreación filosófica* y *Cartas físico matemáticas* del P. D. Teodoro de Almeida, han sido en todos tiempos otras de aquellas obras privilegiadas que ni siquiera faltan en los estantes de la mas humilde biblioteca. Con solo ver el público lo que se lee en la portada de la primera obra se abalanzó á su compra llevado de aquel entusiasmo que inspiran siempre los libros escritos al alcance de todas las inteligencias, y lejos de templarse este entusiasmo con la lectura de los diferentes tratados que comprende el mosaico de este escritor portugués, bien pronto fué necesaria en entrambos reinos nueva edición para satisfacer los numerosos pedidos que brotaban de todas partes, por cuanto no sabian pasarse sin esta obra hecha clásica desde su salida á luz, los que la habian hojeado prestada, y mucho menos los que no habian podido saborear aun el placer litera-

rio que prodigaba en aquellos tiempos su facilísima lectura. Ni aun con esta edicion quedó saciada la pública necesidad; y otras reimpressiones, hechas en breves intervalos vinieron á sancionar mas y mas el mérito indisputable de esta científica produccion del P. Almeida.

No es á la verdad sorprendente una acogida tan brillante, cuando uno considera por un lado las relevantes condiciones de la obra, y por otra las circunstancias particulares en que saliera por primera vez á la luz pública. Por lo que toca á las condiciones de la obra, agradábales á los lectores hallar en las *Tardes de la Recreacion filosófica* todos los asuntos científicos tratados, no con el lenguaje semi-bárbaro, entreverado de griego y de latin, de que, por una especie de segundo pecado original, no pueden desprenderse nuestros venerables laureados; sino con un lenguaje claro, familiar, casero, para decirlo así, por medio del cual se deslizan sus ideas y razonamientos sobre cualquiera materia, tan ágiles, flexibles y desembarazados como la corriente de un arroyuelo, que ni siquiera encuentra en su cauce peladillas que desnivelen en un punto su bruñida superficie. Bien convencido el autor de que reportaría un verdadero resultado provechoso para su pueblo, tuvo el escelente fino de deponer á un lado, en la mayor parte de los asuntos que ventila, esos modismos de convencion, esas frases técnicas, ese idioma peculiar en que se inicia en las escuelas á los alumnos, para obtener á menudo lo que obtenia el ridículo pedagogo del *Bourgeois Gentilhomme* de Molière; y valiéndose tan pronto de símiles y comparaciones ingeniosas aunque *grosso modo* aplicadas; tan pronto de amplificaciones, á guisa de comentarios de una prueba, ó un experimento insuficiente-

mente desarrollado para una inteligencia no avezada á la deduccion; todas las materias que va tocando se convierten en otros tantos asuntos de conversacion amistosa y familiar; en la cual puede introducirse de rondon todo profano, bien seguro de que ha de alcanzar la esplicacion de cualquier fenómeno, sin necesidad de ningun preparativo de iniciacion en el lenguaje propio de la ciencia; puesto que es el del autor el lenguaje de todo el mundo. La forma que adoptara, tanto en la *Recreacion filosófica*, como en las *Cartas fisico matemáticas*, era la mas adecuada á su propósito; por cuanto el diálogo y el estilo epistolar reclaman, en efecto, por sí mismos esta sencillez, naturalidad y abandono, que se echa de ver con gusto, desde la primera hasta la última página de las susodichas obras; y bien puede decirse que si el autor fué feliz en la concepcion del fondo de su trabajo, no lo fué menos en la de la forma que le diera. Añadamos á todas estas condiciones, suficientes por sí solas para justificar la acogida con que el público recibió la obra en cuestion, la no menos relevante de estar escrita y traducida en idiomas vivos, en las lenguas del pais del autor y traductor, habladas desde el que pasa sus dias pegado á un facistol de librería, hasta el que los consume desmenuzando terrones. ¿Cuántos por no chapurrear el latin estaban condenados á no saber jota de las ciencias naturales, ó filosofia natural, como se llamaba á la sazón, á causa de que era de precepto rigoroso escribir cualquiera tratado científico en el idioma ya muerto con que componia Ciceron sus oraciones, Quintiliano su oratoria, Virgilio sus poemas? Así, idioma accesible á todas las educaciones, modo de decir al alcance de todas las inteligencias, esposicion de asuntos doblegable á todos los gustos,

no podian menos que dar á la *Recreacion filosófica* y *Cartas fisico-matemáticas*, que mas tarde la siguieron, la boga general que en todos tiempos han tenido.

Por lo que toca á las circunstancias en que saliera á la luz pública, no se nos ofrecen consideraciones de menor cuantía. Palpitante estaba á la sazón la gran contienda entre la filosofía moderna y la escolástica; acosado hasta en sus últimas trincheras el edificio, cuya primera piedra habia puesto el monge Alcuino, los desesperados movimientos de sus defensores no eran ya sino las convulsiones de la agonia: arrebatados los ánimos por la sublime concepcion del canciller filósofo, y los atrevidos arranques del inventor de los vórtices y del eter, se escapaban á bandadas para militar bajo las banderas de la filosofía fresca y lozana, cuyas semillas habian estos lanzado al mundo fecundadas con su genio, sin que le quedasen á la filosofía escolástica mas partidarios que los doctores aferrados á sus añejas doctrinas, quizas mas, que por una conviccion sincera, por un orgullo ridículo, y aquellas ánimas pacatas que temian, cuando no el rayo del Vaticano, la condenacion del confesor, por poco que se inclinasen á las doctrinas modernas. Porque, faltos de recursos abonados, con que reanimar la momia consumida del escolasticismo, sus sistemáticos prosélitos se abroquelaron con el velo vidrioso de la religion, y proclamaron en alta voz, á fuer del que mal pleito tiene, que era crimen de lesas creencias religiosas adoptar la concepcion de Bacon y de Descartes.

Afortunadamente, aun en los mismos claustros hubo Padres hartos sinceros, discretos é instruidos, cuya mirada mas vasta columbró desde luego la concordancia perfecta de las nuevas doctrinas con las

verdades reveladas, y se abalanzaron, sin temor de salirse un solo paso de la senda de sus deberes religiosos, al cultivo de la filosofía experimental, por la cual iban marchando sin embozo la mayor parte de filósofos legos, ó sea de los sabios que no vivian en los claustros. Es innegable que fueron blancos acribillados, no diré de silogismos perfectos, de razonados ataques, de concedidas objeciones; sino de groseras inectivas, de diatribas insolentes y mal forjadas calumnias; pero la verdad y la justicia que siempre flotan por encima de las olas mas revueltas de la cábala y del embuste, acabaron por deslumbrar á esos fotófbos buhos, y como los mastodontes y otras razas de animales, vigorosos en las viejas edades de la tierra, fueron desapareciendo de las escuelas los sectarios de Peripato, y si, por otra anomalia de los tiempos en que vivimos, se encuentra actualmente algunos en un rincón de seminario conciliar á tridentino, bien puede decirse que se hallan allí en un verdadero estado fósil¹.

El padre Almeida fué uno de los sacerdotes que no vieron, en la profesion de la filosofía experimen-

¹ Hay en España colegios de esta naturaleza, cuyos directores no contentos aun con enseñar filosofía por las obras de Guevara y de Jacquier, fuerzan á los alumnos á sacudir el polvo del apollillado Amal, peripatético consumado. Este anacronismo, nacido de un ridículo espíritu de oposicion á los progresos del entendimiento humano, debería llamar la atencion del gobierno, en una época en que es tan necesaria la buena educacion primera de un plantel de donde han de salir tambien legisladores, médicos y togados. ¿Quien puede negar que, haciendo consumir á la juventud tres años en esas miserables quisicosas y en vejezes muy justamente olvidadas de las escuelas racionales, no solo se le roba un tiempo harto precioso que podría emplear, abasteciéndose de conocimientos mas frescos y provechosos; sino que se trastorna su naciente inteligencia, de modo que acaso, este para siempre destituida de sentido comun, á no ser que nueva y mas sólida educacion la refunda totalmente?

tal, ningun ataque directo ni indirecto á sus creencias religiosas, harto notorias á todo el mundo por sus varias obras de piedad; y á las condiciones meritorias de la obra que hemos mentado, asoció la primera y mas descollante, que fué el abrazar las doctrinas del progreso filosófico, lanzándose al palenque, denodado y revestido de las insignias de filósofo moderno, con un mote en el escudo que decia *estoy por el progreso*. Así, su obra es una continua lucha, un verdadero torneo, una arena literaria donde dos campeones, uno por Aristóteles, otro por Bacon, se están peleando con abinco delante de un público que aguarda la decision del combate para seguir las huellas del que venciere. *Silvio* es el campeón peripatético; *Teodosio* el campeón moderno; *Eugenio*, el público que espera el éxito de la lucha, que como es de suponer, es en favor de la filosofía moderna.

Tanta ventaja reunida no podia menos en efecto que asegurar á la obra que nos ocupa su sorprendente salida, su despacho incesante no solo en ambos reinos sino en entrambos mundos; pues tambien los pueblos del otro hemisferio que hablan el castellano y el Portugués, se han mostrado admiradores de la *Recreacion filosófica* y *Cartas fisico-matemáticas* del sacerdote lusitano. Hablar hoy dia del padre Almeida no puede hacerse, sin una reverencia debida al prestigio y ascendiente que tiene sobre el público; y con todo su obra no es ya en la actualidad lo que era en los dias cercanos á su feliz alumbramiento. Como todo lo criado ha sufrido las inclemencias del tiempo, y se presenta á los ojos de nuestro siglo, como uno de esos monumentos tan comunes en el pais del Partenon y en el de las Pirámides, cuyo conjunto recuerda lo elegante y suntuoso de su arqui-

tectura, pero cuyas columnatas, medio carcomidas por el roce de los años que han pasado, aqui necesitan la reparacion de un zócalo, allá la de un chapitel, mas allá en fin la sustitucion total de una columna. Las mismas *Cartas fisico-matemáticas* son una prueba palpitante de la verdad que espongo: escritas despues de haber salido á luz la *Recreacion filosófica*, y á bastante intervalo, se deja sentir en ellas la influencia de los progresos de las ciencias fisicas cada dia mas rápidos y mas vastos; y por mas que lo palie el autor en su primera carta, escusándose ingeniosamente con que á la presencia de *Silvio* no pudo tratar de ciertas cuestiones por no ofenderle, ni dar á ciertos asuntos mas desarrollos por no causar á su alumno *indigestiones* intelectuales, con *hipo* y *fastidio*, (son sus mismas frases); no es posible dejar de ver en dichas cartas un suplemento debido á las exigencias de la época constantemente en progreso; una se de erratas para muchas teorías falsas consignadas en la obra anterior; una transfusion de doctrinas, en fin, que rejuveneciese la parte casi cadavérica de su tratado: así, se ve, entre otras cosas, en las *Tardes* el rayo atribuido á exhalaciones azufrosas, y en las *Cartas* aparece este terrible meteoro eléctrico explicado por la teoría de Franklin.

Si cuando salieron estas cartas pudieron volver á la obra primera del padre Almeida algo de aquella frescura y lozanía que tanto la embellecia en su primera edad, al cabo de algunos años se enranciaron tanto en ciertos puntos como algunos de la misma *Recreacion*; porque el tiempo, á la manera de los planetas vuela sin pararse, y los golpes de sus alas marchitan y ajan cuanto no se lleva consigo para la posteridad. Señora del universo la fisica plantaba todos los dias sus mojoneras mas allá de los limites

del día anterior; la grande concepcion de Newton, sol del mundo intelectual, lo fecundaba todo; los experimentos practicados para probar la significacion de un fenómeno descubrian nuevas modificaciones dependientes de aquella concepcion, otras tantas leyes secundarias dimanadas de la ley fundamental; el arsenal de la física se aumentaba sin cesar con las máquinas que pululaban por todas partes; demasadamente cargado de fruto el arbol de la ciencia madre, se hubieron de desgajar varios ramos que plantados de estaca á la manera del sauce, se hicieron en pocos días árboles tan grandes como aquel de donde procedian; la química crisálida de la vieja alquimia arrastraba todavía es verdad por la arena movediza de las teorías, pero pronta á desplegar las alas brillantes y atrevidas que le han de dar un día el dominio de las ciencias; y la historia natural, con el impulso del Plinio francés, iba formando una parábola, para caer luego en las alas del genio de Cuvier, que le hizo describir otra parábola mas alta y por lo mismo mas estensa. Y sin embargo las sucesivas reimpressiones de la *Recreacion filosófica* y las *Cartas fisico-matemáticas* del padre Almeida no tenian nada de comun con este progresivo vuelo de las ciencias, como no fuese el año en que se ejecutaban semejantes reimpressiones; nada revelaban de esta fermentacion gigantesca de donde habia de salir tanto pasmo y maravilla. Ninguna de las dos obras citadas merece hoy día ocupar los primeros estantes de una biblioteca moderna: el tiempo ha gastado las doctrinas que fluyen de este manantial, y el que las beba en la actualidad, si no bebe otras que neutralicen lo que tienen de malo por lo añejo, no puede menos que dar á su entendimiento una nutricion tan

perniciosa como lo fuera para su cuerpo una comida agusanada.

! Pero no se tira el oro y la plata porque se hallan en las minas pegados al guijo que oculta su valor; antes al contrario se benefician estos metales, por medio de operaciones que, separando la ganga tosca, dejan los metales puros y en disposicion de adquirir hermoso brillo, recibir los golpes acñantes del troquel, los bajos-relieves de la gibia, ó los dibujos afligranados del buril. La primera vez que hizo gemir las prensas la obra del padre Almeida en cuestion era toda oro: mas, con el revolver de los años este oro se ha enmohecido, el polvo que se ha ido depониendo encima de él lo ha cubierto otra vez de ganga; y para hacerle recobrar su antiguo brillo y pureza es preciso separarlo de esta ganga con una fundicion completa que solo deje en la pila lo que sea puro riel. Tal es la operacion que acabamos de hacer invitados por el editor parisiense de esta nueva reimpression; bien convencidos de que tan solo de esta manera puede reimprimirse semejante obra sin hacer un ultrage á la memoria de este sabio Portugués y sin constituirnos mantenedores de la ignorancia popular. El mismo autor seria el primero, si todavía viviese, en refundir sus escritos, porque es harto notable la inclinacion del espíritu que los dictó hácia el punto culminante en que se hallen los progresos de las ciencias.

Mas no basta estar convencidos de semejante necesidad; la empresa de refundir una obra por este estilo y en el día en que cada ciencia es tan vasta, en que es imposible, no diré ser enciclopédico como se podia serlo en otros tiempos, reuniendo al genio los ocios y medios que reclama el cultivo de las letras, sino alumno medianamente instruido en los

elementos de cada ramo, es una empresa superior á las fuerzas de un joven que solo posee aquellos conocimientos accesorios á las ciencias que forman la especialidad de su carrera. Así, que nadie me atribuya la vana presuncion de haber escuchado la proposicion de encargarme de esta empresa sin retroceder confundido, y menos de aceptarla sin aquella agitacion que revela una desconfianza profunda de sus propios alcances. Pero me hallaba en París, asistia á las escuelas que pululan en esta moderna Atenas; podía consultar las lecciones orales de profesores diferentes en un modo de pensar; tenia á mi disposicion como infinitésima parte del público las bibliotecas de esta célebre capital donde se halla todo; los gabinetes de lectura me facilitaban su librería por una módica retribucion: mi trabajo me habia procurado algunas obras que forman mi modesta biblioteca; estoy relacionado con jóvenes estudiosos, dotados de genio y de talento, y de todas estas circunstancias reverberó un rayo de esperanza que me dió alas, que reanimó mis fuerzas, y á la manera del monarca que debil de cuerpo y corto de miras nada haria por sí solo, pero que practica mucho, apoyado en buenos ministros y en un ejército valiente, me dediqué en los ocios que me consentia mi asistencia á los hospitales de París, á la refundicion completa de una obra que he considerado siempre la mas á propósito para difundir la instruccion entre la clase media de la sociedad; instruccion sumamente necesaria en una época en que esta clase está llamada á disponer de los destinos de los pueblos.

La primera modificacion que me pareció deber de hacerse, fué dar homogeneidad á la obra; esto es hacer desaparecer las cartas *físico-matemáticas*, y confundir su contenido con los tratados de la *Recrea-*

cion. ¿Qué son efecto las tales cartas, sino unos corolarios de asuntos tratados en el cuerpo de la primera obra sobre ciencias? ¿Qué son sino unos fragmentos sueltos dados al lector para que él los vaya acomodando al lugar donde tocaren? ¿Qué son, en fin, sino unos suplementos para llenar los huecos que el torrente del progreso habia hecho en este monumento literario, llevándose todo lo desmenuzable de sus bases? Y en este caso, ¿cómo evitar las repeticiones siempre fastidiosas cuando no son absolutamente necesarias? Así que, la primera reforma que dicha obra reclamaba era reunir en un mismo tratado todos los párrafos que le atañiesen; decir en una conferencia todo lo que en ella pudiese decirse sobre un punto, y no volver á él sino de paso, donde se agitare otra cuestion de la cual fuere aquel una premisa.

La segunda modificacion mucho mas indispensable, fué despojar tanto las tardes literarias, como las cartas físico-matemáticas de todas las teorías carcomidas en que abundase entrambas; sustituir otras mas frescas y abonadas en su vez, ó cegar los vacios que semejante espurgo dejase con las que tienen actualmente mas ordinario séquito. Ello es cierto que en muchísimos de estos parages desaparece el padre Almeida, para hacer sus veces su acaso indigno refundidor; ¿pero qué importa? ¿A qué conservar lo que dijo el padre Almeida á su tiempo, tan solo porque á su tiempo se decia de esta manera? Si ya en las cartas mudó de dictamen, pensó de otro modo, porque de otro modo se pensaba á la sazón, muy natural es creer que haria otro tanto hoy dia, si viviese, y como lo llevo dicho, no se contentaria con escribir un suplemento, sino que borraría todo lo vetusto, para nó hacer perder el tiem-

po á sus lectores; ocupándoles la atención y memoria en doctrinas y razonamientos que son ya del dominio de la historia y solo los guardan los archivos de la ciencia para los que hallando toscos los elementos, los salpican de erudición. Era, pues, del deber del que desease volver á dichas obras su interés y valor antiguo no titubear en esta reforma: algunos se hubiesen decidido por las notas, yo mismo tengo una infinidad; mas esta clase de trabajo, aunque el mas facil para el reformador, hubiese sido el mas empalagoso para los lectores, quienes ó no habian de leer el testo, ó habrian de fastidiarse de las notas, ó habian de sacar en fin de entrambas lecturas una confusión solamente evitable con la atención profunda que no es del gusto del que lee por recreo. Con el espurgo indicado, la obra queda fresca y lozana, como un viejo pero bien construido buque calafateado y carenado de nuevo, y el lector puede entregarse á la lectura de todos sus tratados bien seguro de que no ha de hallar jamás una mojonera que le diga, *vuelve atras este es el antiguo camino.*

La tercera modificación que no me pareció menos interesante fué añadir á las ciencias discutidas por el autor, otras que á penas dejaban oír, á su tiempo, sus vagidos. Los cuatro célebres elementos de los tiempos de Platon y Aristóteles, su discípulo, tienen cabida en la Recreación filosófica y se sostienen como los principios de que se componen todas las cosas: el *caput mortuum*, la *flema*, y otros arabescos legados de la edad media son los únicos conocimientos químicos, ó por mejor decir, *alquímicos* que se hallan en las *Tardes* del autor. En sus *cartas*, y nótese para comprobación de lo que hemos dicho mas adelante, se habla del *aire inflamable*, del *aire flogisticado*, *nitroso*, *mefítico*; polvoreda que anunciaba ya la aproxima-

ción de los Lavoisier, Guyton de Norveau, Rostollet y Fourcroy; y esto es todo lo que trajo este refuerzo para dar razón de los progresos químicos de aquellos días. La teoría de Bufon sobre la tierra y la idea añosa de los fuegos subterráneos alimentados por grandes masas de azufre betunes y metales en combustión en varias cavernas de la tierra, es todo lo que se puede recoger en dicha obra de la *geología* de entonces. Mas nada tiene de extraño; habida razón de que ambas á dos ciencias nacieron á último del siglo pasado, y se han criado ó han tomado su colosal incremento con los trabajos y descubrimientos de sabios que vinieron despues, y nadie acá abajo puede precipitar los años, ni arrancar los gérmenes del porvenir para sembrarlos en lo presente y evitar la decrepitud inevitable de una obra escrita sobre materias la mayor parte transitorias. Pero si la falta de estas ciencias en una obra del carácter de la *Recreación filosófica* no fué defecto de su autor; lo seria y muy grande, á mi modo de ver, en el editor de una nueva reimpression de la misma; porque espediría un trabajo manco, truncado, esencialmente defectuoso; puesto que en el templo de la moderna Minerva la estatua de la química y la de la geología son de un marmol tan precioso como las demas ciencias que pueblan sus nichos; y si la primera se representa con los atributos del genio que penetra los secretos de la naturaleza; la otra se alegoriza como el punto de partida de toda historia del globo.

La cuarta y última modificación que me he considerado obligado á hacer, ha sido dar á las mismas ciencias tratadas por el autor mayores desarrollos en muchos puntos; por exigirlo así tanto el interés de estos mismos, como la mayor estension que le han dado

los descubrimientos sucesivos. El *calórico* y la *electricidad* por ejemplo, dominan demasiados fenómenos para poder ser corto en la esposicion de sus teorías, y á pesar de que lo he sido menos de lo que lo era el autor en sus antiguas doctrinas, sobre estos puntos, completamente reformados, estoy muy distante de haber dicho la cuarta parte de lo que pudiera decirse como desarrollo de los principios que nunca he descuidado. En la *física*, donde he conservado grandes pedazos del autor relativos á la *estática*, *hidráulica*, *óptica*, *acústica* etc., he procurado repartir igual número de páginas para el *calórico*, *electricidad*, *atraccion*, *movimientos*, etc.; para lo cual despues de haber establecido en generalidades de un modo mas estenso de lo que lo hizo el autor, las propiedades esenciales de la materia y dado tanto á esta como á sus propiedades el sentido que le dan los filósofos actuales; despues de haber dividido los cuerpos del universo en tres grandes grupos, á saber sólidos, líquidos y aereiformes ó gaceosos, apliqué á cada grupo sucesivamente aquellas generalidades y les di los desarrollos que reclamaba el nivel; ya probando los nuevos principios con nuevos esperimentos; ya convirtiendo en cuestiones lo que el autor se contentaba con definir ligeramente, á pesar de su intenciones; ya, en fin, cuando venia bien, explicando segun las nuevas teorías esos fenómenos curiosos y observados de todo el mundo, cuyas causas se desean saber naturalmente, como *lluvias*, *nieves*, *granizos*, *rayos*; etc., y cuyo conjunto forma hoy dia un ramo aparte bajo el nombre de *meteorología*. Yo he reparado este ramo por todos los volúmenes de esta nueva edicion; en primer lugar para sazonar, de cuando en cuando, la aridez de las doctrinas, y en segundo lugar, porque no me agrada la distribucion que se ha

hecho de los *metéoros salvo meliori*; me parece muy poco filosófica la division de los *metéoros* en *igneos*, *ácueos*, *luminosos*, y *aéros*, porque se hacen grupos á parte de efectos que yacen bajo la jurisdiccion de un mismo agente; resultando de aquí que en la esplicacion de un grupo tan pronto se halla el *calórico*, tan pronto la *electricidad*, tan pronto la *luz*, por causa de los efectos comprendidos en el mismo. Las *nubes* por ejemplo, son *metéoros* *ácueos* del mismo modo que los *chubascos*: el *calórico* produce los primeros, la *electricidad* los segundos; las *auroras boreales*, los *fuegos fatuos*, las *estrellas cadentes* y el *arco iris* son *metéoros luminosos*: la *luz* produce el *arco de la alianza*, el *calórico* los *fuegos fatuos* y *exhalaciones*, la *electricidad* las *auroras boreales*. Así es que yo los he ido repartiendo por los diferentes tratados, donde se esponen dichos agentes, ó en los que me han parecido mas al caso. Otras muchas variaciones podría citar tan solo por lo que toca á los tres volúmenes de *física*, que hay en esta edicion, mas lo dejo para los lectores que me honren con una ojeada siquiera á los indices de cada uno.

En el cuarto volumen, que trata de la *astronomía*, he modificado los cálculos, que el autor habia tomado de Gravesend, modificados ya una vez en unas tablas, que se ven en ulteriores ediciones; instituyéndolos con los de *Franceur* y *Arago*, *astrónomos* de reputacion harto sentada, siendo mi principal objeto dar á los guarismos de estos cálculos una unidad conocida de todo el mundo, puesto que indico las toesas de que consta la legua empleada y las leguas de que consta el grado de que se usa. Las añadiduras de este volumen versan principalmente sobre cinco planetas y varios satélites descubiertos desde los tiempos del autor, sobre la naturaleza del

sol, algunos problemas relativos á la tierra y por último la formacion del calendario.

El quinto volumen es enteramente nuevo puesto que trata de la química mineral, y orgánica subdividida en orgánica vegetal y orgánica animal. Después de haberme ocupado en las generalidades de esta ciencia bajo el estudio de los cuerpos simples, y solo me entretengo en la historia de los mas comunes, y útiles, ó de los que pueden ofrecer mas intereses; lo propio hago cuando paso á la de los compuestos; de suerte que nadie ha de buscar en este tratado todo lo que la ciencia posee, sino lo que contiene de instructivo y agradable. De que habia de servirles á mis lectores la historia de mas de cien cuerpos que para nada aprovechan, ni presentan ninguna calidad chispeante. En este caso me contento con indicarlos, para hacer saber que existen, y el lugar á que corresponden. Quien quiera saber mas busque obras especiales ó ex-profeso.

El sexto volumen abre el estudio de la historia natural con la anatomía del hombre juntamente con su fisiología. Que los autores de anatomía expliquen esta ciencia, con la aridez que le da su separacion total de la fisiología, vaya con Dios; porque estos autores, mas que al recreo de los estudiantes, atienden al martirio de sus entendimientos. Pero que el escritor de una obra recreativa se entretenga con la descripción pesada de las partes duras y blandas del cuerpo humano, con sus orificios, escotaduras, cavidades y eminencias, seria no tener perdon de Dios ó gastar en salva un tiempo harto precioso para el que busca en un momento de ocio, un esparcimiento de ánimo. Así yo he explicado la organización del hombre, y á su lado, ó por mejor decir, confundidas con ella las funciones que dan interés á esta organi-

zacion, echando mano de lo que basta para que el que no debe amputar un brazo, ni ligar una arteria, ni desbridar una hernia estrangulada, tenga un conocimiento de si mismo y sepa de qué manera vive y porque vive; de qué manera muere y porque muere. Estos conocimientos satisfacen, por un lado, la exigencia del filósofo que decia con muchísima razón *nosce te ipsum*; y por otro, sirven de guía para la inteligencia de las diferencias de estructura en que se funda la clasificación de los animales, y sus diversas funciones. Así, después de dicho tratado, el mismo volumen empieza la zoología, ó sea el tratado de los demas animales.

En historia natural, el padre Almeida se dilataba sobre manera en las generalidades de los insectos, bajo cuyo nombre comprendia muchísimos animales que no lo son; decia cuatro palabras de las aves, dos de los peces, y apenas se acordaba de que existiesen cuadrúpedos; como si las colosales masas de rinocerontes y elefantes no hubiesen sido suficientes garantías para preservar á toda su clase de todo injusto olvido. Era esta desproporcion desagradable bajo todos los aspectos, por interesantes que sean los insectos en su formacion y costumbres; por cuanto tambien ha derramado á manos llenas el hacedor de la naturaleza sus tesoros de sabiduría, providencia y diversidad en los demas animales que el autor echa en olvido, y sin entrar en los pormenores minuciosos, solo propios del historiador natural, podia muy bien filosofar entretenido en los conocimientos generales sobre la organización y costumbres de los diferentes grupos, que están poblando la tierra, ya en nuestros establos y corrales, ya en las montañas y bosques; siquiera para dar á su escrito ese nivel y proporción que la razón y el gusto

buscan por todas partes. Disgustado de esta desproporcion no solo he modificado la distribucion de los animales que hizo el autor, reemplazándola con la clasificacion actual; sino que la he aumentado convenientemente á fin de equilibrarlas con el tratado de los insectos; diciendo despues de las cosas comunes á cada clase, orden, familia, género, etc., cuatro palabras de aquellos cuadrúpedos, aves, peces, y demas animales dignos de ello por alguna cosa chispeante ó provechosa segun el mismo espíritu con que está redactada la química y otros tratados que veremos. De este modo se ha llenado con la primera clase la mitad del *sesto* volumen y con las tres restantes el *séptimo*.

El *octavo* abraza la *botánica* y la *geología*. Con la reforma actual la anatomía y fisiología de las plantas ha recibido mas exactitud y ensanche; la organizacion de la raiz, del tallo de las hojas, y sobre todo del fruto, no se veia en el tratado del autor sino muy incompletamente espuesta: algunas funciones de los vegetales como absorcion, circulacion, respiracion, exhalacion y secreciones estaban, ó mal esplicadas, ó muy dadas al descuido; yo he procurado corregir los errores y suplir las omisiones, con una noticia breve siempre y compendiosa, para no apartarme ni del plan de la obra, ni del modelo que constantemente me he esforzado en imitar. He indicado la clasificacion actualmente seguida, las bases en que se funda, y he dejado de enumerar las clases, órdenes, familias, géneros, etc., por no llenar las páginas de nombres que no habian de servir al lector; puesto que solamente habia de echar una ojeada general sobre algunas familias de las mas interesantes al hombre ya como alimentos, ya como objetos de recreo, ya en fin como recursos saludables. El

que se queje del compendio, que piense por un lado que aun soy mas largo de lo que lo fué el autor, y por otro que nuestra modesta enciclopedia no consiente los pormenores de las obras especiales.

En el tratado de *geología* se ha conservado entre otras cosas la teoría de la tierra, de Bufon, que el autor seguia igualmente que la esplicacion de los fuegos subterráneos; mas luego se ha añadido la teoría del calor central sobre la formacion del globo de la tierra, tal cual se sigue hoy dia por la generalidad de los geólogos; he manifestado su concordancia con el Génesis; he ido esplicando la formacion de las diferentes capas que constituyen la corteza de la tierra; los materiales ó terrenos de que constan estas capas, los productos metálicos y precios que contienen, con los medios de que ha de valerse la agricultura para fertilizar estos terrenos, y los de que ha de echar mano la industria para explotar estos productos. Y aqui como en otras partes advierto que no es un tratado completo de geología sino un bosquejo general de esta ciencia cada dia mas preciosa.

Por último he agregado á cada ciencia su historia particular cuando ha valido la pena, á fin de que mis lectores tengan, si gustan, alguna erudicion acerca de las épocas en que se hicieron las reformas y los descubrimientos. Estos fragmentos históricos, pegados al fin de cada ciencia, hacen las veces de la historia de la filosofía, que el autor habia puesto despues de su discurso preliminar, historia que hemos suprimido por dos razones: la primera porque colocada al principio de la obra, *los que no han frecuentado las aulas* no habian de entender pisca, por versar sobre las diferentes concepciones filosóficas que se han sucedido en el decurso de los

siglos, para cuya inteligencia cabal, si no se necesita frecuentar las aulas, se necesita al menos haberse quemado las pestañas estudiando muchos libros. La segunda, porque sobre las muchas inexactitudes que dicha historia contiene, está redactada sin método, sin ese espíritu verdaderamente filosófico que haga ver de una ojeada, que si á primera vista parece haber habido en el mundo muchas escuelas, muchas concepciones capitales, todas se reducen al cabo á tres, á saber: *espiritualismo, materialismo, eclecticismo*, ó sea mezcla de las dos primeras que aun pudiera refundirse en las dos anteriores. Dése una ojeada atenta, en efecto, á la historia de la filosofía y se verá el materialismo en las viejas edades, apoderado de las ciencias, de las artes y hasta del culto y poesía, puesto que ambos á dos alegorizaban con mármoles los sentimientos y pasiones. Marchan los tiempos, y Sócrates establece la unidad de causa, habla de la inmortalidad del alma, y bebe la cicuta en pago de este germen de una organización nueva, el paso está dado hácia el espiritualismo; el hijo de María, el Hombre Dios aparece; desde entonces los viejos ídolos caen, á proporcion de las cabezas de los mártires; los aruspices salen de los templos de Roma la pagana, para ceder su puesto á los cardenales de Roma, la católica; san Agustín, síntesis de todos los padres de la Iglesia, convierte el dogma cristiano en una verdadera ciencia; gracias á la protección de Carlomagno y á los judíos que tradujeron al hebreo los libros filosóficos de los Arabes de España y sus comentarios sobre Aristóteles; Alcuino establece la filosofía escolástica completamente subordinada á la teología; santo Tomás de Aquino, Alberto Magno, Duno Cresto hacen de la filosofía una aliada de

aquella ciencia; á pesar de sus ridiculeces el cabalístico Raimundo Lulio y Rogerio Bacon pugnan por la independencia de la filosofía hasta que por fin recibe esta concepción el golpe de gracia de manos de Descartes. Locke da un paso mas que este eminente filósofo; Condillac continua Locke escediéndole, y descendiendo cada dia mas rápida de la cúspide á donde habia subido en la edad media, cae la filosofía en el grosero materialismo del siglo XVIII, cuyas oleadas invasoras no pudieron detener los esfuerzos de los idealistas Reid y Dugald Stewart de Edimburgo, ni los del ininteligible Kant en Alemania. Y como si esta ciencia, madre de todas las ciencias, síntesis de todos los principios fundamentales, fuese un grave que anduviese corriendo constantemente por una línea sucesiva de planes inclinados, ya está bajando otra vez de la cima sobrepasada del materialismo, para volver á subir quiza á un espiritualismo nuevo, para lo cual está fermentando con la mezcla de entrambas concepciones. Vanamente se alegrará como escuela tipo el *pirronismo*, porque este no es mas que el materialismo llevado á su colmo; así como no es mas que el espiritualismo llevado á su colmo el *misticismo*. Toda historia de la filosofía, para ser buena, debe poner la cuestión bajo este punto de vista, y hacer ver, en tanto que se enlazan los acontecimientos científicos, los puntos culminantes, las escuelas tipos, luego las concesiones que las opuestas se han ido haciendo, las nuevas invasiones de las unas en los dominios de las otras y la continua reproducción de las mismas concepciones, con las modificaciones que les ha introducido el progreso. La historia de la filosofía del autor no ofrece nada de todo esto; los hechos científicos se siguen unos á otros

en general segun el orden cronológico, y apostaria que ninguno de los lectores para quienes escribió el autor su obra, pudiera sacar en claro lo que ha sido la filosofía por su historia. Esto y el confundir la filosofía con las ciencias naturales, cosa que no es tolerable en nuestros dias, me ha parecido suficiente motivo para suprimir este trabajo del autor ¹.

Por lo que toca á los tres últimos volúmenes de que no he hablado todavía, los hallará el lector tales cuales los escribió el P. Almeida. El nono que abraza la geometría está en la forma epistolar, la cual he conservado porque me ha parecido mas propia en virtud de la naturaleza de la ciencia. Pesado habia de ser un diálogo sobre materias que no admiten siquiera las objeciones ridiculas del que solo por decir algo se opone á lo que salta á los ojos de evidente: así, he supuesto un viage de Teodosio para justificar este tomo de cartas en medio de otros diez de diálogo.

¹ El que quiera tener una noticia completa de la historia de la filosofía, abarcándola, desde su origen hasta la actualidad, debe consultar mas de una obra. La de Bruckero es sin disputa la mas recomendable, porque es completa, profunda é imparcial; pero sobre los vicios de que adolece no alcanza mas que hasta principios del siglo XVIII. Tiedemann y Penemann, sus sucesores tampoco llegan hasta nosotros: aquel cierra en 1797 y este en 1820. Desde entonces á acá no han salido á luz mas que historias parciales, monografías ya de ciertos países, ya de ciertos siglos, ya en fin de ciertas escuelas. Los consabidos historiadores pudieron escribir una historia general de la filosofía, porque cada uno tuvo una concepcion que representar: Bruckero la filosofía moderna, ó cartesiana, Tiedemann la de Condillac ó mejor de Locke, y Penemann la de Kant. La época en que nos hallamos no tiene escuela fija porque pululan en ella un sin número de escuelas; de aqui es que los sabios solo se dan á las especialidades. Buhle Stewart, Damiron y Cousin pueden llenar el hueco que ha quedado desde Penemann á nosotros. Las lecciones de este último sobre la historia de la filosofía pueden considerarse como intérpretes de la filosofía edéctica de nuestros dias.

El décimo y el undécimo versan sobre la *lógica* y la *sicología*. Bien hubiésemos deseado dar á estas dos ciencias algunas pinceladas con los colores de paleta que hasta ahora me ha servido; tanto mas cuanto aparece aquí el P. Almeida con sus resabios de escolástico, á pesar de que pugna y se esfuerza para parecer moderno. La filosofía actual es muy otra que la de los tiempos del autor: no es espiritualista á la manera de la edad media; no es materialista como en el siglo pasado; acaso no tiene caracter fijo y categórico, y se la ve vagar en busca de una ley fundamental que la constituya, dejando todos los ramos que ella ilumina en una discordancia completa, en una anarquía verdadera, en una confusion casi tan tenebrosa como la en que deja nuestro hemisferio el sol cuando traspone. Con todo tal cual es la considero mejor que la consignada en los libros llamados de filosofía, escritos en latin, con los cuales tiene grande parentesco la de *lógica* y *sicología* del P. Almeida. Mas nuestro encargo no se estiende sino á las ciencias naturales, físicas y fisiológicas, y por lo tanto nos ha sido forzoso ceder á esta restriccion, que por otra parte no quita nada á las mejoras de lo restante de la obra.

Tales son las modificaciones que hemos osado hacer en los escritos de tan distinguido literato: para practicarlas recogimos todas las fuerzas posibles. Vict. Pouillet, Despretz, Pelletan, Becquerel, Dumas, Berzelius, Thenard, Liebig, Raspail, Orfila, Milne Edwards, Compte, Salacroux, Cuvier, Richard, Arago, Francœur, Boubée, Magendie, Brook, Robin, Chevé ¹..., en una palabra la mayor parte de

¹ Entre estos y otros que no nombro los hay que son notables por sus obras, y otros, como, por ejemplo, Robin y Chevé, por sus cursos

las notabilidades científicas que han dado impulsos á la masa universal de conocimientos con sus trabajos y descubrimientos parciales; me han servido quien mas, quien menos, cuando no para un párrafo, para otro; y como las esponjillas de las plantas que chupan en el terreno donde arraigan los elementos necesarios para la elaboracion de su savia, así he ido chupando de todo el mundo los materiales precisos para quitar á la obra en cuestion todo el moho que la deslustra, y volverle cuando no todo, algo de aquel brillo y valor que le adjudicara el público en otros tiempos.

Todo lo que he dicho hasta aqui solo hace relacion al fondo de la obra que he refundido. Vengamos pues á su forma. Las razones en que me he fundado para hacer desaparecer la forma epistolar, no tenian fuerza para hacer otro tanto con el diálogo; muy al contrario, precisamente por ser el diálogo mas propio para el objeto del autor se refundieron las cartas en la Recreacion filosófica, aun cuando no hubiese mas motivos para ello. Así que, se ha conservado el mismo diálogo del P. Almeida

particulares. El primero de estos, autor de un tratado de quimica razonada, es sin disputa el que mejor trata esta ciencia, cuyas leyes busca y generaliza de una manera sumamente ventajosa para aprenderla. El segundo es, para mí, el mejor profesor de anatomia de Paris y Montpellier. cuyas escuelas he seguido por espacio de mucho tiempo, teniendo harta ocasion de comparar unos con otros, desde los de las facultades hasta el último de los particulares, todos los que pululan en los anfiteátrros de entrambas escuelas. Complázcome en tributar á este último esta prueba de mi reconocimiento á sus bondades y sobre todo á su saber, pues el curso que seguí con él me ha sido de un inmenso beneficio. ; Lástima que aburrido de las intrigas y desden con que tambien se recompensa en la capital del mundo civilizado el verdadero mérito, este excelente profesor se haya visto precisado á dejar sin sucesion una cátedra que tan sabia y dignamente ocupaba!

entre Silvio, Teodosio y Eugenio, sin disputarles siquiera el ser el primero médico, el segundo hacendado y militar el tercero. Silvio, siempre con su coleta que le barre los lomos, su baston con puño de oro y borla negra y su cajeta de rape, se declara partidario inexorable de todas las antiguallas; pugna constantemente con sus asomos de terco por lo que dijeron sus maestros, y mas á menudo cede por no absorver con porosas palabras un tiempo harto precioso para el alumno, que por quedar bien convencido de un error, que ni tiene fuerzas para sostener ni abandonar, como sobradamente lo revelan las pullas y dicharachos que de vez en cuando se permite. Teodosio, representante de las doctrinas modernas, deja á menudo libre campo á su antagonista para que esponga sus ideas, las escucha con atencion, las rebate con decoro; luego espone las que tienen en el dia mas ordinario séquito, y no deja de permitirse la esposicion de sus opiniones originales sobre asuntos problemáticos todavía, sin que por otra parte tenga la pretension de precisar á nadie que le siga. Eugenio, que es el alumno, militar francote, de buena pasta, fenix entre ellos, puesto que rabia por instruirse, calla por lo comun y escucha con atencion, sin mas defecto que el de ser pregunton, y querer arriesgar de cuando en cuando sus teorías. Tal es el diálogo, la parte dramática de la Recreacion filosófica, cuyas escenas no conservan ni la unidad de tiempo, ni la de lugar, ni la de accion, puesto que se pasan á veces muchos dias con que están interrumpidas las conferencias, que ahora se tienen en la casa de Teodosio, ahora en la de Silvio, ya en los jardines y huertas, ya en las orillas y en la corriente del Tajo; que en fin, tan pronto se trata de la tierra, como de los cielos; del agua co-

mo del fuego; de los montes como de los animales y plantas. En este particular no notará el lector ninguna variacion esencial. Las escenas se van pasando del propio modo, á poca diferencia, y los personajes se reconocen siempre por sus propios caracteres. No quiere esto decir que no hayamos mudado los lugares de estas escenas, cuando nos ha parecido bien, é igualmente que su sucesion para adecuarla al nuevo orden de materias: tampoco que algunos de los parlamentos que antes eran de Teodosio sean ahora de Silvio, y algunos que eran de este sean actualmente de Eugenio: todo esto no quita nada al caracter del diálogo ni al todo escenario de la obra. ¿Por qué esta mudanza de parlamentos, se me preguntará tal vez? Porque versan sobre opiniones pasadas que me ha parecido bueno conservar, ú opiniones que aunque no del todo descabelladas no eran propias para lo que representa el preceptor Teodosio. Lo que yo he tenido la osadía de emitir, como cosa de cosecha propia, lo he puesto en boca de este, porque así lo haria el autor; á menos que sea una idea un poco atrevida, en cuyo caso la he puesto en boca de Eugenio, para indicar que es propia de uno que aprende. Por lo demas me he mirado poco en la trabazon dramática, y espero que el lector no se parará en defectos que si lo son, no pasan de la corteza de las cosas. El estilo de que me he valido es el mismo del autor; no diré que sea idéntico porque esto al cabo raya al imposible, basta la semejanza para el objeto, y el lector dirá si he sido feliz en la imitacion á la cual por otra parte no soy muy aficionado. Tambien dejo á menudo á un lado el lenguaje de las aulas, me valgo de comparaciones triviales, y todo lo pongo en contribucion para ser claro sin dejar de ser exacto.

Aunque la obra como la antigua no tenga mas que once volúmenes, ha de hacerse el cargo el lector que hay la mitad de lo antiguo espurgada; y que los volúmenes de la actual edicion son generalmente bastante mas voluminosos. Tanto lo conservado del autor como las añadiduras van acompañadas de figuras necesarias para la mas facil comprension de los asuntos: cuando el autor me las ha ofrecido cabales he echado mano de ellas: donde no, las he reemplazado con otras nuevas que ora he copiado de otros autores, ora he bosquejado yo mismo. Y para evitar al lector la incomodidad que resulta cuando se colocan las láminas al fin del volumen, las he intercalado en el testo, como lo hacian los antiguos y vuelven á hacerlo muchos modernos.

Tal es el trabajo que ofrezco al público, defectos los habrá sin duda; mas por grandes que fueren, siempre me quedará la esperanza de que con esta reforma dicha obra habrá recobrado parte, á lo menos, del valor que los años le habian hecho perder, y que mientras no publiquen otros una enciclopedia popular que generalice la instruccion tan necesaria á los pueblos libres, he de hacer un bien á mi país y á cuantos se esparciese esta obra, facilitando á los que no han arrastrado bayetas por las universidades y seminarios la posesion de algunos conocimientos sobre lo que no es licito ignorar sin menzua de sí mismo á ningun hombre de educacion mediana. ®



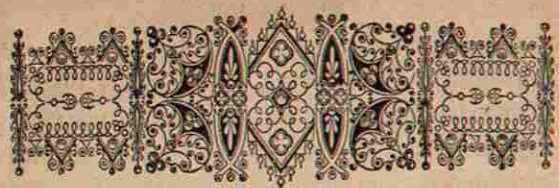
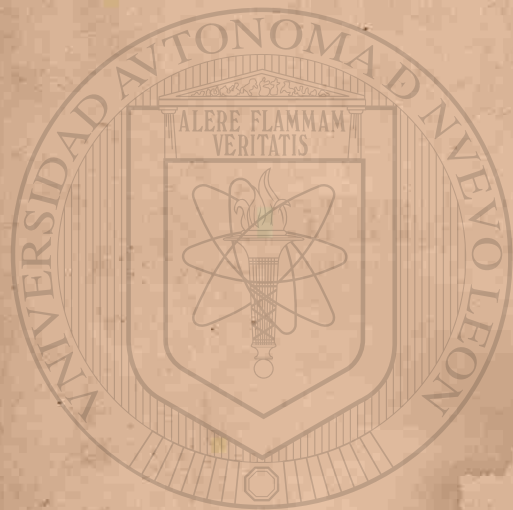
FISICA.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





RECREACION FILOSOFICA.



TARDE PRIMERA.

EN QUE SE DA A CONOCER EL OBJETO DE LAS CIENCIAS NATURALES Y SE ESPONEN LOS CONOCIMIENTOS PRELIMINARES DE LA FISICA PARA LA INTELIGENCIA DE LAS MATERIAS SUCESIVAS.



§ I.

Introducción.

TEODOSIO. — Seáis bien venido, amigo Eugenio : días ha que os esperaba impaciente, y ya dudaba de vuestra palabra, por no ver cumplida la promesa que me habiais hecho de venir á acompañarme en este retiro.

EUGENIO. — En mi ya no es novedad tener grandes embarazos para todo lo que me gusta ; estos días me han ocupado unos negocios de cuidado, y

ahora vengo á descansar del trabajo y divertirme con vuestra conversacion y compañía.

TEOD. — La vuestra para mí fué siempre muy gustosa; mas ahora la soledad en que estaba me la hacia apetecer con mayor esmero. Vamos á esta sala interior donde estaremos mas cómodamente, al propio tiempo que gozaremos de mejores vistas.

ERG. — ¡Hombre! ¡qué hermosa sala es esta! ¡Cuán espaciosa! ¡y de cuantos objetos se halla adornada! Ya me habian dicho que erais hombre de gusto, y que acá en vuestra soledad no desperdiciabais el tiempo.

TEOD. — ¿Con que adivinais ya que todo lo que estais viendo sirve para ocuparme en mi retiro?

ERG. — Lo presumo al menos, y supongo que tanto instrumento, tanta máquina, tanto libro, y tantos objetos diferentes como distingo, han de formar el objeto de vuestro estudio.

TEOD. — En efecto es así: dentro de esta sala y en esos gabinetes que se abren en ella, hallo mis desahogos y placeres, despues que he llenado mis obligaciones para con Dios y mis semejantes; y rodeado de mis libros, máquinas y demas utensilios científicos, no echo á menos el barullo de la corte, ni sus atractivos peligrosos; con tanta mas razon, cuanto suele acompañarme algun amigo aficionado, como yo, á la ciencia y al retiro, y ambos á dos nos divertimos, examinando la prodigiosa naturaleza bajo todos sus aspectos.

ERG. — Alabo vuestra conducta, no solo por lo que acabais de indicarme, sino por los inmensos beneficios que reportan de vuestros conocimientos los

vecinos de esta quinta, entre los cuales estais gozando de una reputacion muy envidiable. Mas, permitidme que me recree un momento, examinando uno por uno estos armarios, cuya primera vista ya me ha dejado suspenso.

TEOD. — Andad siguiendo, amigo; ya sabeis que todo lo de esta casa está á vuestra disposicion.

ERG. — Muchas gracias. Veamos este armario. ¡Cuanto pájaro disecado, Dios mio! ¡y cuanta variedad! ¿De donde los habeis sacado, pues la mayor parte no se crian en este pais; por lo menos yo no los he visto nunca? ¿Y parece que los teneis repartidos por grupos? Apostaria que estan en un orden admirable; y con todo yo no advierto nada. ¡Cuanto me agradaria saber porque los teneis repartidos por grupos, cual es el nombre de cada pájaro de estos que no conozco, el pais de que proceden y su modo de vivir ó el de cazarlos, á fin de procurarme algunos!

TEOD. — ¿Y qué decís de esta coleccion de cuadrúpedos, culebras, peces, sabandijas, moscas y arañas?

ERG. — ¿Y podeis entenderos con tanto bicho? Mas, ya veo que los teneis tambien debidamente ordenados, y me figuro que sabeis de todos ellos cuanto haya que saber. ¡Y lo que os lo envidio! ¡Hola! plantas secas, semillas, raices: pareceis un herbolario. ¿Y estos pedacitos de marmol y de metal? ¿Qué viene á ser todo esto? Quanto menos entiendo en ello, tanto mas se me aviya el deseo de conocer todo lo que hace mi admiracion. No me saciaría de mirarlo, pero vamos adelante. ¡Cuanta

maquinilla! parece un arsenal; mas como no entiendo pisca en lo que pueden ser útiles paso de largo.

TEOD. — No importa, deteneos aquí un instante; pues vais á presenciar cosas que os han de maravillar mas que la simple contemplacion de los pájaros, culebras y sabandijas. Voy á sacar mi canario de su jaula, y á meterlo dentro de esta campana de vidrio que veis en esta máquina. Ya está, pongámosla sobre la mesa para maniobrar mejor. Observad lo que anduviere haciendo el canario; yo empiezo....

EUG. — ¡Por Dios, Teodosio! vuestro canario va á morir! mirad desde que habeis empezado á maniobrar está dando muestras de que se sofoca. ¡Cesad! ¡cesad! pobre animalito! ¡qué barbaridad!

TEOD. — ¿Voy á volverle la vida... veis? ya bate alegre las alas.

EUG. — ¡Hombre! Nunca hubiese llegado á sospecharlo. Pero vos no habeis tocado el canario. ¿Qué le habeis hecho en suma?

TEOD. — ¿Lo sabeis vos?

EUG. — No sé lo que daría por saber la razon de este hecho.

TEOD. — Esperad un poco; dejadme hacer dar unas cuantas vueltas á esta rueda de vidrio; ya está como yo quiero. Tocad esta esfera de latón.

EUG. — ¡Oh! ¡no es esto un sueño! ¿De donde y porque ha salido esta centella ruidosa que me ha sacudido el brazo de una manera tan estraña? ¿Porque os reis?

TEOD. — En alguno de aquellos libros estará probablemente la esplicacion de todo esto.

EUG. — Decidme en cual; pues estoy mas que ansioso de saber la causa de una chispa y conmocion tan estrañamente producidos, sin haber tocado siquiera este metal.

TEOD. — Seria inutil, por cuanto no entenderiais gran cosa sin poseer antes otros conocimientos. Entremos en este gabinete.

EUG. — ¡Oh! qué bien baila ¿y qué haceis aquí con tanto hornillo y tanto vaso, que viene á ser esto?

TEOD. — Tomad esta pajuela encendida, introducidla en esta campana de vidrio que he sacado de esta cubeta de agua, á donde, como veis, van á parar estos alambres procedentes de esta caja que se llama pila galvánica.

EUG. — ¡Toma! se ha apagado, haciendo un ligero ruido.

TEOD. — Meted ahora esta misma pajuela encendida, pero sin llama en esta otra campana.

EUG. — ¡Ah! se ha vuelto á encender como una bujía.

TEOD. — Echad un poco de este líquido violado en ambas campanas y agítad.

EUG. — Cáspita y el líquido se ha enrojecido ¡estoy confuso!

TEOD. — Ahora tomo este otro blanco, mezclo parte con el que habeis enrojecido y agito: ved lo que sale.

EUG. — Hete el color primero restablecido. ¿Y tampoco me esplicareis cual es la causa de estos

cambios de color, ni eso de la pajueta que ya se apaga, ya se enciende?

TEOD. — Como no habeis estudiado no me entenderiais. ¡Hola! ahí llega mi hermoso perro.

ERG. — ¡Qué vigoroso mastin! Buen guardian tendreis en él seguramente. Me parece que un toro no lo habia de derribar.

TEOD. — Con todo, yo voy á derribarlo con una sola gota de este licor que tengo en aquel frasco.

ERG. — ¡No! pobre animal... deteneos... qué habeis hecho, ¡matar á un perro como este para hacerme ver la virtud de vuestro licor! Siento infinito haber venido á esta casa: os lo confieso.

TEOD. — ¿Y os podeis figurar que habia de envenenarle, sin tener en mi poder el contrayeneno? Vais á ver: voy á hacerle oler este otro frasco... ya se menea... ya está salyo.

ERG. — Sois sobre manera prodigioso y estoy palpando que cuanto me habian dicho de vos no es nada en comparacion de lo que acabo de presenciar. Pero, á menos que seais brujo, y ya podeis pensar que no creo tal cosa, no me dareis á entender que ignoreis las causas de todo esto; ya que veis cuanta curiosidad estais escitando en mí para saberlas, deberiais comunicarme vuestros conocimientos.

TEOD. — Ya os he dicho que no me entenderiais, si me entrare de rondon en semejantes esplicaciones. Venid conmigo á este otro gabinete.

ERG. — ¡Hola! ¡nuevos instrumentos! Esto es nunca acabar. Debeis de haber gastado todo vuestro patrimonio para procuraros tanta cosa.

TEOD. — Mucho he gastado es cierto; pero gran

parte lo he heredado, y no poca son regalos que me han hecho viajeros y personas que han querido lisonjear mis gustos. Venid acá: miraos al traves de este instrumento esta gota de agua.

ERG. — ¡Jesus! ¡cuanto animalillo! ¡cuanto bicho viviente se está agitando ahí! ¡y cómo se acometen! ¡qué algarabia! ¿Y yo me trago todo este enjambre de animalillos cuando bebo un vaso de agua?

TEOD. — Mas de una vez sin duda. Miraos ahora esta rana.

ERG. — ¡Cómo le corre la sangre! ¡qué bien se ve!

TEOD. — Cuando se presente la luna en el horizonte os la haré mirar con esotro largo instrumento que veis en aquel rincon, y entonces direis que no habeis visto todavía la luna.

ERG. — ¡Oiga! ¿Con esto os mirais los astros? Ya me alegraré de ello. Pero yo me aburro, viendo que de todo me pasmo, que todo me confunde, que nada sé. He cumplido ya mas de treinta años, y todos mis conocimientos se reducen á mandar el manejo del arma, la marcha, unas cuantas evoluciones, y nada mas. ¡Cuanto me arrepiento de haber abrazado la carrera militar! Si hubiese seguido las aulas como muchos de mis condiscipulos de primeras letras, ahora sabria dar razon de todo lo que he presenciado, y sobre no hacer un papel ridiculo, cuando se habla delante de mí de un punto de cualquiera ciencia, podria divertirme y divertir á los demas con estos juguetes y habilidades con que me habeis asombrado.

TEOD. — La misma franqueza con que os espli-

cais, os excusa de la injusticia que acabais de hacer á todas las ciencias á que pertenecen los hechos observados por vos en mi sala y gabinetes. Muy equivocado andais, si creéis que he reunido en mi casa tanto objeto, para el ridículo placer de divertir á este y aquel con cuatro manipulaciones y experimentillos, á guisa de un histrion ó de un jugador de manos. Vos mismo acabais de decirme que gozo de buen concepto en toda la comarca; y si esto es así, seguramente que no lo debo á haberlos divertido con jueguecillos semejantes á los ligeros ensayos que os han dejado confuso. ¿Sabéis qué es lo que me ha grangeado la voluntad de todos mis vecinos? Son los buenos consejos y atinadas instrucciones que me han permitido darles las ciencias á que pertenecen los objetos encerrados en estos armarios, y contenidos en mi sala y gabinetes. Estudiando la coleccion de plantas, que tengo allí y en mis jardines y huertas, les advierto cuales son buenas para comidas, cuales para aliviarlos de ciertos males, cuales pueden envenenarlos, cuales son útiles para tal arte, cuales en fin para tal otro. Lo propio puedo decirlos por lo que toca á los pájaros, culebras, sabandijas y demas animales que poseo disecados ó vivos. El estudio detenido sobre su naturaleza consiente distribuirlos en grandes divisiones, cada division en clases, cada clase en series ó bien en órdenes segun cuales sean sus condiciones, así como distribuiriais vos los individuos de un batallon por compañías de granaderos, del centro y cazadores segun sus estaturas, y sabido lo tocante á un individuo de uno de esos grupos, se sabe lo tocante á

todos, con lo cual conoceis desde luego de quienes podeis utilizaros, de quienes no; cuales son los que podeis domesticar y propagar, cuales los que debeis temer y combatir. Por lo que toca á los pedazos de piedras y de metales diferentes que os parecen insignificantes, habeis de saber que conducen al estudio de la tierra, de esta base comun de ciudades, bosques, montañas, mares, lagos y rios; á saber como está formada en su superficie é interior, y á sacar de su seno los ricos minerales que contiene, y del conocimiento de sus diversas capas, qué tierras son buenas para la labranza, qué tierras no; cuales lo son para una clase de plantas, cuales para otra; y, en fin, de qué manera se puede hacer de un páramo ó de un terreno arenoso, ó arcilloso, un terreno labrantío ó una dehesa. Mis instrucciones sobre estos tres ramos de conocimientos humanos, que forman la ciencia, llamada por los sabios *historia natural*, han mudado la faz de estas comarcas; pues he enseñado á sus habitantes el abono de sus tierras, la cria de los animales útiles, la destruccion de los insectos dañinos, el cultivo ventajoso de las plantas y arboledas que amenizan este pais; y todo lo que les he indicado, lo he sacado de estos libros de historia natural que veis en mi biblioteca; de suerte que, si vos haceis como yo, tambien podreis mejorar las condiciones de vuestras propiedades y ser útil al pais donde habitareis. Pero no para todo aqui: si bien lo notais, habeis de ver algunas casas construidas, desde que habito este manso, con todas las condiciones favorables á la buena ventilacion del aire: ninguna se levanta á las márgenes de aguas

cenagosas ni estancadas; ni en lo hondo de los valles; las lagunas se han cegado y el agua de las avenidas sigue su curso hácia el mar sin perjudicar el terreno ni á las familias que en él habitan. ¿Veis no lejos de cada casa un bosquecillo? Se ha hecho á propósito para que sean mas salubres. ¿Distinguis en los tejados una barra de hierro que sube hasta las nubes, y en medio de las praderas otras tantas barras igualmente altas y puntiagudas? Es una precaucion muy abonada y una garantía segurísima contra el rayo y la tempestad. ¿Notais como sus chimeneas giran segun el viento que sopla? Se han construído así, para que nunca refluya el humo al interior de las habitaciones, venga el viento de donde viniere. ¿Veis á aquel albañil, que por medio de una máquina levanta pesos enormes? A aquel aldeano que, sin hacer casi ningun esfuerzo, con solo mover una palanca, saca de un pozo tantos cubos de agua? Pues uno y otro han economizado fatiga y aumentado su trabajo, mediante esas máquinas que yo les he indicado. Estas y otras muchas cosas que no podeis distinguir desde aquí, son otras tantas aplicaciones prácticas de mis conocimientos sobre la ciencia que llaman los sabios *física*, aconsejados por mí á los vecinos dóciles de estas comarcas; los cuales, abandonando los andadores de sus antepasados, y saliéndose de la retrógrada rutina, se han hallado muy bien con ellas y por esto me veneran, me encomian y me estiman. Lo que me habeis visto hacer con mi canario y mi perro mastin, no son mas que ligeras sombras de infinitos ensayos y tentativas para conocer la naturaleza íntima de

las cosas de la tierra; por medio de este conocimiento, algunos artesanos, que me lo han pedido, han hecho progresar su industria; mas de un infeliz envenenado, ya por descuido, ya por malicia, ha recibido de mis manos un antídoto que ha destruído la fuerza matadora de su veneno, y hemos descubierto en que estaba el fraude de muchos comestibles falsificados por la codicia de sus sórdidos vendedores. Pues bien, todo esto y mucho mas que paso por alto, lo he conseguido, trabajando en mi gabinete, segun las instrucciones contenidas en mis libros de *química*, ciencia que enseña lo que hacen las cosas cuando se mezclan, ó separan, y lo que resulta de estas operaciones. Lo mismo pudiera decir de los conocimientos que adquiero, trabajando en aquel gabinete, donde no he querido que entraseis, porque hay en él esqueletos y cadáveres de varios animales, y esto os hubiese hecho mal por ahora. Mas sabed que, rodeado allí de la muerte bajo mil formas, indago los misterios de la vida, lo sigo en los animales que mas se parecen por su organizacion al hombre, y llego á saber al fin, sino de un modo completo, bastante bien, haciendo aplicaciones á nuestro cuerpo, de qué modo estamos formados, cómo vivimos, qué puede sernos nocivo, qué provechoso, todo lo cual constituye lo que se llama en las aulas y los libros *fisiología*, ó sea *ciencia de la vida* y *anatomía*. Por medio de los instrumentos con que os habeis mirado la rana y otros que solo os he mostrado, consigo examinar ahora los objetos que por su pequeñez infinita no hieren la vista natural, ahora los que por su grandísima distancia

parecen puntos, cuando son otros tantos globos de increíbles dimensiones. Yo observo los movimientos, el curso, las revoluciones de los astros, y aplicando el rigor del cálculo á estas observaciones, partiendo de las leyes generales de la materia, llego á poder asegurar cual es su masa, su peso, su densidad, del mismo modo que lo diria de esas piedras que mueve aquel albañil. Estas mismas observaciones me dan á conocer la armonía de la grande fábrica del mundo, lo que es el sol, la luna y las estrellas, cuantos eclipses habrá al año, en qué mes en qué dia, en qué hora, y cuantos minutos; sé vaticinar todo lo mudable del calendario y mi continua atención á los fenómenos del cielo me hacen fijarla á menudo en los fenómenos de la atmósfera, y me hallo en el caso de poder pronosticar el bueno y mal tiempo, las lluvias, las tempestades, el frio, el granizo, y una infinidad de cosas sumamente útiles á los propietarios de bienes rurales. Mucho mas pudiera deciros, sobre el particular; pero con lo que acabo de esponeros ya comprendéis sobradamente que el objeto de mis estudios y de todo lo que habeis visto en mi casa, es mas noble y trascendental que una simple diversion de tertulia ó vano pasatiempo, y por lo tanto ha de tener mas atractivos para vos; mayormente cuando todo lo bueno que veis en la sociedad y todos los recursos del hombre, tanto en las ciencias como en las artes, agricultura y comercio, no se deben sino al cultivo de las ciencias que os he indicado, estando los progresos de aquellas intimamente enlazados con los de estas.

ERG. — Si antes de que me dieseis una idea tan

cabal de la inmensa aplicacion y utilidad de vuestras ciencias, ya me sentia con vivísimos deseos de saberlas; ¿cómo poder resistir á estos deseos encontrados con lo que acabais de decirme? Os juro Teodosio, que, á no tener tantos años, aun habia de estudiar el latin y el griego, y arrastrar bayetas por esas universidades, hasta ser tan filósofo naturalista como vos.

TEOD. — Ninguna necesidad teneis de arrastrar bayetas por las universidades, donde seria menester la mitad de vuestra vida para enteraros tan solo de la algarabía de palabrotas técnicas que os enseñarian por rudimentos, y menos aun de estudiar el latin y el griego; porque todo lo bueno que dijeron los griegos y latinos en su idioma respectivo, lo han traducido al suyo los modernos, y si es necesario algo mas que la lengua patria para aprenderlo, mas os valdria aprender las lenguas francesa, inglesa, alemana é italiana que el griego y el latin; pues, por mucho que dijesen los antiguos, es muy poco comparado con lo que han descubierto los sabios modernos de Francia, Inglaterra, Italia y Alemania. Pero puesto que no os halleis en el caso de aprender dichos idiomas, yo os pudiera enseñar las ciencias de que os he hablado y algunas mas, valiéndome del idioma en que estamos conversando y lo habeis de entender mas fácilmente.

ERG. — No teneis una idea de lo que me lisongea este convite, y con cuanta solicitud lo acepto. Mas no echeis en olvido que soy un ignorante completo, y por lo mismo habládme un language que yo entienda y tan claro como podais, á fin de que no me

quede á oscuras con todas vuestras buenas explicaciones.

TEOD. — Perded todo cuidado, pues hartó sé por mi propia esperiencia lo que es enseñar empezando por donde debería acabarse las mas veces. Os daré algunas ideas preliminares que os conduzcan naturalmente á todo lo demas, y no os he de esponer nueva cosa que no esteis ya preparado á ella.

EUG. — Esto es: haced conmigo lo que yo con mis reclutas: antes de enseñarles el manejo del arma, les enseño lo que es la culata, lo que el cañon, lo que las abrazaderas, etc., y antes de hacerles ejecutar evoluciones, les hago ensayar en toda suerte de pasos.

TEOD. — Esto es lo que he de practicar precisamente; mas oigo la campanilla; sin duda es mi amigo Silvio que acude á la cita cotidiana. Es el médico de la comarca, hombre inteligente; pero un sí es no es aferrado á lo de antaño, y basta que un adelanto sea descubrimiento de los modernos para posponerlo á lo que dijeron sus rancisimos maestros. Con todo os ha de servir en nuestras conferencias, por quanto os espondrá de vez en cuando sus teorías, hará sus objeciones y por ende vendreis en conocimiento de la verdad mas fácilmente. Ya entra, permitidme que vaya á recibirlo. Venid acá, amigo Silvio, que está aquí un amigo esperándoos.

SILV. — ¿Es acaso algun enfermo?

TEOD. — No por cierto: es un militar á quien el servicio de las armas ha impedido seguir los estudios, y como no carece de talento y tiene un ingenio

vivo, está deseando ardientemente enterarse de las ciencias naturales.

EUG. — No hay duda que es este mi deseo, y quisiera deber al señor Silvio el trabajo de concurrir por su parte á satisfacerlo.

SILV. — ¿Con mucho gusto; habiais ya entablado conferencia?

TEOD. — No, os aguardaba espresamente para que contribuyeseis á la instruccion de nuestro amigo.

SILV. — Pues, manos á la obra, ya me teneis dispuesto, y advertid que no nos han de faltar disputas, porque Teodosio es muy aficionado á todo lo que huele á novedad, y yo cabalmente voy por esta senda con pies de plomo.

EUG. — Yo espero que estas disputas han de ser en mi ventaja, como lo son en la de los campos las tempestades de verano.

SILV. — Bien dicho, amigo; ¿y por donde empieza Teodosio á enseñar á su discípulo? esto es esencial.

TEOD. — Soy de parecer que empecemos por la física.

§ II.

Trátase del espacio de la materia, de sus propiedades generales y de la estension en particular, espónese el sistema métrico ó decimal.

TEOD. — Puesto que vamos á tratar de la física ¿por donde empezariais, Silvio, á explicarla á nuestro alumno?

quede á oscuras con todas vuestras buenas explicaciones.

TEOD. — Perded todo cuidado, pues hartó sé por mi propia esperiencia lo que es enseñar empezando por donde debería acabarse las mas veces. Os daré algunas ideas preliminares que os conduzcan naturalmente á todo lo demas, y no os he de esponer nueva cosa que no esteis ya preparado á ella.

EUG. — Esto es: haced conmigo lo que yo con mis reclutas: antes de enseñarles el manejo del arma, les enseño lo que es la culata, lo que el cañon, lo que las abrazaderas, etc., y antes de hacerles ejecutar evoluciones, les hago ensayar en toda suerte de pasos.

TEOD. — Esto es lo que he de practicar precisamente; mas oigo la campanilla; sin duda es mi amigo Silvio que acude á la cita cotidiana. Es el médico de la comarca, hombre inteligente; pero un sí es no es aferrado á lo de antaño, y basta que un adelanto sea descubrimiento de los modernos para posponerlo á lo que dijeron sus rancisimos maestros. Con todo os ha de servir en nuestras conferencias, por quanto os espondrá de vez en cuando sus teorías, hará sus objeciones y por ende vendreis en conocimiento de la verdad mas fácilmente. Ya entra, permitidme que vaya á recibirlo. Venid acá, amigo Silvio, que está aquí un amigo esperándoos.

SILV. — ¿Es acaso algun enfermo?

TEOD. — No por cierto: es un militar á quien el servicio de las armas ha impedido seguir los estudios, y como no carece de talento y tiene un ingenio

vivo, está deseando ardientemente enterarse de las ciencias naturales.

EUG. — No hay duda que es este mi deseo, y quisiera deber al señor Silvio el trabajo de concurrir por su parte á satisfacerlo.

SILV. — ¿Con mucho gusto; habiais ya entablado conferencia?

TEOD. — No, os aguardaba espresamente para que contribuyeseis á la instruccion de nuestro amigo.

SILV. — Pues, manos á la obra, ya me teneis dispuesto, y advertid que no nos han de faltar disputas, porque Teodosio es muy aficionado á todo lo que huele á novedad, y yo cabalmente voy por esta senda con pies de plomo.

EUG. — Yo espero que estas disputas han de ser en mi ventaja, como lo son en la de los campos las tempestades de verano.

SILV. — Bien dicho, amigo; ¿y por donde empieza Teodosio á enseñar á su discípulo? esto es esencial.

TEOD. — Soy de parecer que empecemos por la física.

§ II.

Trátase del espacio de la materia, de sus propiedades generales y de la estension en particular, espónese el sistema métrico ó decimal.

TEOD. — Puesto que vamos á tratar de la física ¿por donde empezariais, Silvio, á explicarla á nuestro alumno?

SILV. — ¡Toma! esto está claro; empezaria por darle la definicion de esta ciencia, y si no lo haceis, hareis muy mal; por cuanto este es el único medio de preparar á vuestro discípulo, indicarle la senda que os proponeis abrirle, y en cierto modo las operaciones ó especie de trabajo que va á emprender.

TEOD. — Ya sé que todos los autores por lo comun empiezan sus tratados, definiendo la ciencia ó punto de que van á tratar; pero sé tambien que el discípulo se queda mas confuso que antes, las mas veces, despues de la definicion, por componerse esta de palabras que necesitan desarrollos para comprender su sentido. Yo quiero suponer que esta definicion de la física sea exacta. *Es la ciencia que trata de la materia, de las potencias ó fuerzas naturales, y de todos los fenómenos que resultan de la accion de estas fuerzas.* Eugenio ha oido hablar muchas veces y ha hablado él tambien sin duda de la *materia*, de las *potencias y fuerzas*, y de los *fenómenos*; pero, si no nos damos prisa en explicar el sentido con que tomamos estas palabras, nos esponemos á que se le figure en la idea la *materia* de las llagas y tumores, las *potencias* estrangeras, como Rusia, Prusia, Inglaterra, etc., las *fuerzas* de un ganapan, y una cabra con dos cabezas, ó un niño sin mas miembros que rudimentos de tales por *fenómenos*; puesto que así llama el vulgo estas anomalias de la organizacion animal.

SILV. — Muy tonto le habiais de suponer para que tales cosas pensare.

EUG. — Confieso que no he pensado que tomaseis

estas palabras, bajo la acepcion con que yo las conozco; pero os aseguro que necesito desarrollos para saber lo que quereis decir, y tanto conozco el objeto de la física ahora, como antes, á menos que me acuerde de lo que ya me ha dicho Teodosio, cuando me ha explicado de qué manera ha sido tan útil á sus compatriotas.

TEOD. — Sin ánimo de ofenderos, Silvio, yo prefiero para mi gobierno, esta franca manifestacion de nuestro alumno á todos los especiosos argumentos que pudierais hacerme para probarme la utilidad de una definicion tal al principio de esta leccion: así pues, dejadme principiar á mi manera, y cuando fuere ocasion no dejaré de definir la física. Echad una ojeada, Eugenio, á las praderas y huertas que forman el cuadro de nuestra vista. ¿Veis cuanto árbol, arbusto, planta, casa y cabaña las cubre, y qué deliciosa variedad estan ofreciendo? Pues bien, suponed que todos estos objetos desaparecen, como habreis visto desaparecer una decoracion de teatro en alguna pieza de tramoya ¿qué quedaria delante de nuestros ojos?

EUG. — Un páramo, un terreno árido, desierto; nada.

TEOD. — Es decir que allí donde habia casas, árboles, arbustos, plantas, cabañas, etc., no quedaria nada. Suponed ahora que todos vuelven á aparecer cada cual en el lugar que ocupaban. Han llenado totalmente ó porciones del desierto, del páramo de ese nada que habia quedado en la primera suposicion. Ahora bien, llamad ese nada, ese lugar en que se hallan los objetos, *espacio*. Ya veis que no lo llenan

todo porque, al lado de aquella casa, hasta el bosquecillo que la refresca, podriais poner otra casa y otra casa; al fin de aquella huerta podriais plantar otra huerta y otra huerta; mas allá del horizonte, hay mas objetos y mas espacio aun para poner otros. Cuando os mirais el cielo de noche, veis un inmenso espacio tachonado de estrellas, que son allá lo que en las huertas las casas; podriais poner mas estrellas y mas estrellas, y siempre os quedaria espacio que llenar; de modo que es fuerza decir que el espacio es infinito, y en efecto nuestro entendimiento no alcanza á ponerle límites. A cualquiera parte que echeis la vista hallais espacio y objetos que ocupan porciones mas ó menos grandes de él, estos objetos os hieren ya los ojos, ya los oidos, ya el olfato, ya el gusto, ya el tacto, y lo que ellos os hacen sentir os prueban que existis y que existen fuera de vos otros seres, semejantes ó diferentes. Dadles un nombre general á estos seres que os impresionan, llamadles *cuerpos*; y como veis que todos ocupan espacio, que todos pesan mas ó menos, que todos son mas ó menos visibles y tangibles, en una palabra, que todos tienen cosas comunes entre sí, casi os hallais autorizado á considerarles una base comun, una cosa que, á pesar de tantas variedades como presentan los cuerpos, es la misma en todos ellos. Esta base, esta cosa comun se llama *materia*, y en efecto no hay un solo cuerpo que no esté formado de *materia*, de modo que podeis definirla bien diciendo que *es lo que compone los cuerpos*. Pero no habeis de creer, como los antiguos, que haya una *materia prima*, esto es una materia idéntica para

todos los cuerpos, solo diferente en ellos por el modo como cada uno la tiene, pues que en el dia se considera esto como un absurdo y á su tiempo os demostraré que hay muchas materias diferentes. El nombre de materia indica una cosa cualquiera corpórea, y todas á la vez tomadas bajo lo que tienen de comun.

ERG. — Lo entiendo perfectamente: se dice materia cuando uno no quiere especificar este ó aquel cuerpo, por tratarse de alguna cosa que sea comun á todos.

TEOD. — Muy bien: teneis una idea clara de este punto. Pasemos á otro. Cualquiera que sea el modo como os representeis la materia, ó un cuerpo, siempre ocupa un lugar en el espacio; mientras este cuerpo ocupa un lugar, este mismo lugar no puede estar ocupado por otro cuerpo: todo cuerpo puede ser trasladado mas ó menos fácilmente, sino entero, á pedazos de un lugar á otro, y puesto que ocupa espacio es susceptible de ser dividido por mitades, terceras, cuartas, etc., partes. Todo esto que hace la materia son sus maneras de existir, sus condiciones, las cuales pertenecen indistintamente á todos los cuerpos, y como le son inseparables y dependen de ella misma, les dan el nombre de *propiedades generales* de la materia. La propiedad que hace que la materia ocupe una porcion de espacio se llama *estension*; la que no consiente á dos cuerpos ocupar el mismo espacio á un mismo tiempo, *impenetrabilidad*; la que los hace susceptibles de moverse, *movilidad*, y la que los vuelve divisibles *divisibilidad*. Estas propiedades son tan propias de la ma-

teria, que aun cuando no hubiere nada que obrase sobre ella existirian; lo cual no sucede con lo que los antiguos designaban bajo el nombre de *propiedades particulares*, como la solidez, la fluidez, la elasticidad, la porosidad, etc. Pues todos estos modos de ser de algunos cuerpos dependen de ciertas fuerzas, que luego veremos, las cuales producen estos modos, y si dichas fuerzas faltan, desaparecen las pretendidas propiedades particulares, siendo así que la materia queda, lo cual prueba que no son propiedades de esta materia. No nos ocupemos, pues, por ahora, sino en la estension, movilidad, impenetrabilidad y divisibilidad de la materia. ¿Veis esa estacada que circuye aquella huerta? Ella forma sus límites, así como forman los suyos las paredes de esta casa: en estos límites acaba el espacio ocupado por la huerta y la casa; pues este espacio limitado por la estacada y las paredes es la estension de la casa y de la huerta. Si en vez de disponer esta estacada en forma de cuadro, se hubiese dispuesto en forma de media luna, ó de luna llena, el espacio de la huerta estaria limitado de otro modo; que es como si dijéramos tendria otra *figura, ó configuracion*: esto os conduce á decir que la figura ó forma de un cuerpo, depende de la manera con que está limitada su estension. Esta estension, limitada en uno ó muchos sentidos, representa diferentes figuras que se llaman *geométricas*, y la geometría traza reglas para medirlas. Así, nosotros dejaremos para esta ciencia este cuidado. Mas no basta determinar la estension y darle una figura, es indispensable fijar las relaciones que hay

entre las estensiones varias, lo cual es lo que se llama *la medida*. Esta medida, en el sentido que nosotros la tomamos, no puede ser sino un resultado de una comparacion, porque no hay nada que sea grande ni pequeño por sí mismo; siempre es otro cuerpo que lo hace, ó mas grande ó mas pequeño. Me esplico; un buey, al lado de una pulga, es un cuerpo de grande estension; pero este mismo buey, al lado de una montaña, tiene muy poca estension; es un cuerpo pequeño. El primer punto de comparacion ha sido necesariamente el individuo mismo que va á examinar la estension de otro cuerpo. El hombre ve una rana; la compara con él, y ve que es mucho mas pequeña; luego ve un elefante, y observa que una sola pata de este animal es casi tan grande como el hombre. De esta comparacion total ha venido la comparacion con partes del cuerpo humano: de aquí las medidas de *pie, palmo, pulgada, codo, braza, paso, estadal*, etc. Mas, como todos los hombres no son iguales, pues los hay grandes y chicos, ha sido forzoso formar *padrones*, para arreglar los pesos y medidas: así se ha dicho la pulgada consta de doce lineas, el pie de doce pulgadas, etc. Cuando la estension de un cuerpo es mayor que la de un pie se repite la comparacion, y se ve cuantas veces hay el pie en dicha estension, y para mayor comodidad de la espresion se dice, por ejemplo, una *toesa*, tomando por ella una estension de seis pies, una *legua* tomando por ella una estension de 2,000 toesas.

Eug. El otro dia leí en un periódico que en Francia, desde el año 1840, no se volverá á usar mas

de todas estas medidas, sino de las prescritas por el gobierno, conforme el sistema decimal. ¿Qué viene á ser este sistema?

TEOP. El gobierno francés ha hecho una cosa muy laudable y digna de ser imitada por todas las naciones. Basta tener la menor noticia de los pesos, medidas y valores de unas cuantas naciones, para ver la confusion y desorden que hay en estos puntos. No solo cada nacion tiene sus medidas, pesos y valores diferentes, sino bien á menudo cada provincia ó canton de un mismo reino; de modo que los comerciantes tienen un trabajo inmenso, que solo disminuye el hábito, para hallar las correspondencias. Pues bien, para evitar estos inconvenientes, se ha imaginado en Francia un sistema que pueda servir para todo el mundo; y salvando todos los inconvenientes que puede tener semejante reforma, el gobierno ha mandado, bajo multas contra los infractores de su mandato, que, desde el año 1840, todo francés usará de los nuevos pesos y medidas. Voy á deciros en qué consiste este sistema; ya porque es bueno generalizarle, ya porque no podeis leer ninguna obra dimanada de esta nacion, sin que halleis á cada paso los términos que expresan las medidas y pesos nuevos; ya en fin porque mas de una vez usaremos de ellos; en nuestras conferencias; y así evitaremos esplicaciones episódicas, para daros á entender qué es un *metro*, qué un *kilógramo*, qué un *litro*, etc. Hase tomado, pues, por punto de partida el círculo de la tierra, cuya estension es sabida, y se ha llamado *metro*, que quiere decir en griego *medida*, la estension cor-

respondiente á la diez millonésima parte del cuarto de este círculo: con esto se ha tenido una medida de longitud que sirve de objeto de comparacion para todas las medidas posibles. Mas el metro no es sino la unidad de la medida de una sola dimension: Luego veremos que los cuerpos tienen absolutamente tres dimensiones, esto es, son al mismo tiempo anchos, largos y gruesos; si solo queremos medir una dimension, sea la que se fuere, nos irá bien con el metro: mas si queremos medir dos á la vez, ó bien tres; entonces tomaremos para la primera el metro cuadrado, y para la segunda el metro cúbico. Unos cuantos ejemplos os aclararán estas medidas. Yo quiero medir la superficie de esta sala de un cabo al otro: me valdré del *metro*, que es como si dijera de la vara, y podré saber cuantas veces entra esta vara desde un cabo al otro de la sala. Mas supongamos que al mismo tiempo quiero saber cuanto hay de izquierda á derecha; despues de haber medido á lo largo, tendré que medir por lo ancho, si quiero servirme del metro: mas si cojo una medida que sea cuadrada, y tenga un metro de estension, con esta medida que llamaré *metro cuadrado*, porque por todos sus cuatro lados hay un metro, podré medir al mismo tiempo lo ancho y lo largo de la sala, ó de un campo, y me ahorraré trabajo. Supongamos ahora que no me contento con estas dos dimensiones; que quiero saber al mismo tiempo cuan altas son las paredes de esta sala, para calcular cuanta materia podria contener por ejemplo: ni mi *metro*, ni mi *metro cuadrado* alcanzan á esto, porque si tengo lo ancho y lo largo, me falta lo alto ó lo pro-

fundo; si tomo pues un instrumento ancho, largo y alto de un metro tendré una medida con seis caras, una arriba, otra abajo, otra delante, otra detrás, otra á derecha, otra á izquierda; es decir que formará lo que los geómetras llaman *cubo*: así pues mi medida que se me antoja llamar *metro cúbico*, porque por todas sus seis caras tendrá un metro de estension, medirá á un tiempo la sala de un cabo al otro, de derecha á izquierda y de arriba abajo.

EUG. — Ya podeis pasar adelante, porque os entiendo claramente.

TEOD. — Con que tengo tres medidas de superficies que puedo tomar por unidades; el *metro*, para una superficie; el *metro cuadrado* para dos; el *metro cúbico* para tres. En el nuevo sistema el metro cuadrado se llama *area* y el metro cúbico *esterio*: el primero sirve para medir los campos y terrenos; el segundo para medir los cuerpos macizos como la leña. Pero á mas de las medidas de superficie, hay las de peso y las de capacidad. ¿Cómo hacerlo para tener las unidades de estas medidas que pudiesen referirse al metro? He aquí lo que se ha practicado: hase tomado la décima parte de un metro: luego se ha hecho un vaso ó una medida que tuviese una décima parte de metro ó un *decimetro*, que es lo mismo, de ancho, otro *decimetro* de largo, y otro *decimetro* de profundo, es decir, un *decímetro cúbico*; la cantidad de agua ó vino, ó granos que cabe en semejante vaso puede tener su espresion llamando *litro* á esta medida, y es la unidad de la medida de capacidad. Falta la del peso. Hallada la antecedente esta es facil: pesemos el agua clara, bien

pura que quepa en un *litro*, ó *decímetro cúbico*; llamemos á este peso *gramo*, y tenemos la unidad de las medidas de peso. Aquí teneis, pues, que de un solo punto de partida hemos sacado todas las unidades, que todas estan dominadas por un mismo principio, y que hay en todas ellas una exactitud admirable: *Metro, litro, gramo, area, esterio*, he aquí las unidades, no os hablo de la de valores ó monedas que es el *franco*, porque no la necesitamos aquí para nada. Pero, con solo las unidades no haríamos nada; es preciso dividir las y multiplicarlas; porque, tan pronto tendremos que medir una cosa grande, como una chica; pocas serán tan precisas que no dejen de sobras ó faltan á la medida, y si no tuviésemos fracciones de dichas unidades ni sus múltiples seria una confusion: todos los inconvenientes ha sanjado el sistema. Ha pedido á la lengua griega las cuatro palabras siguientes *myria, kilo, hecto, deca*, y á la lengua latina las que siguen *deci, centi, mili*, y añadiéndoles delante de las que espresan aquellas unidades, las ha dividido y multiplicado de una manera facil. Voy á trazaros en la pizarra el resultado de esta operacion, y lo comprendereis con una sola ojeada.

MULTIPLICES.

Myria.....	10,000
Kilo.....	1,000
Hecto.....	100
Deca.....	10

DIVISORES.

Deci.....	10 ^a parte.
Centi.....	100 ^a parte.
Mili.....	1000 ^a parte.

APLICACION.

Myria	metro gramo area ¹	10000	metros. gramos. areas.	Deci	mo metro litro	10. parte de	franco metro litro.
Kilo	metro litro gramo	1000	metros. litros. gramos.		gramo esterio mo		gramo esterio franco
Hect	metro litro gramo area	100	metros. litros. gramos. areas.	Centi	metro litro gramo	100. parte de	metro litro. gramo
Deca	metro litro gramo esterio ¹	10	metros. litros. gramos. esterios.	Mil	metro litro gramo	1000. parte de	metro litro. gramo

EUG. — Bueno, ya me parece que os entenderé cada vez que introduzeis en vuestra esplicacion el nombre de alguna de estas medidas; mas esplicadme como se escriben y como se leen.

TEOD. — Justísima es la demanda, porque no dejaria de embarazaros si no lo supieseis. Voy á trazaros en la pizarra el modo como se escriben.

Un metro se escribe.....	1 ^m	metros, ó mil metros..	1,000 ^m
Seis metros.....	6 ^m	Un myriámetro, ó diez	
Nueve metros.....	9 ^m	kilómetros, ó cien hec-	
Un decámetro, ó 10 me-		tometros, ó mil deca-	
tros.....	10 ^m	metros, ó diez mil me-	
Un hectómetro, ó diez de-		tros.....	10,000 ^m
cametros, ó cien me-		Un decímetro.....	0, ^m 1
tros.....	100 ^m	Un centímetro.....	0, ^m 01
Un kilómetro, ó diez hec-		Un milímetro.....	0, ^m 001
tometros, ó cien deca-			

EUG. — Sencilísima es la tal escritura.

¹ Escríbase fuera de este cuadro *myriarea, hectarea, decasterio, decisterio.*

TEOD. — Notad bien en qué lugar se halla el punto ó la coma, porque su posición hace toda la diferencia. Todo lo que se halla á la izquierda del punto, ó mejor antes de él, representa metros ó sus multiples. Todo lo que se halla á la derecha, ó sea detras del punto representa las divisiones del metro.

EUG. — Vamos á ver prácticamente si os he comprendido, yo quiero escribir una cantidad que es menos que un metro: debo poner un cero seguido de un punto. Así 77 centímetros se escriben de esta suerte: 0^m. 77.

TEOD. — Cabal: esto es: y si por ejemplo queréis escribir estas cantidades: 455 metros 374 milímetros, pondreis 455^m 374; y 4 miriámetro 3 decímetros, pondreis 40,000^m 3.

EUG. — Lo entiendo perfectamente.

TEOD. Todo lo que os acabo de decir del metro se aplica igualmente al *litro*, al *gramo*, *area*, *esterio* y *franco*, basta poner, l., g., ar., es., fr., y todo queda entendido.

Ahi teneis en suma el sistema *decimal ó métrico*, y á fin de que podais servirvos de él os daré unas tablas donde hallareis el valor equivalente, ó las relaciones que hay entre todas estas medidas y las usadas antiguamente en francia, por donde os será facil sacar las correspondencias con las que nosotros usamos todavía*. Dejemos este punto y pasemos á otro.

* Al fin de este tomo estan las tablas de reduccion.

§ III.

Trátase de volúmen, masa y porosidad.

EUG. — ¿Vais á hablar de la movilidad?

TEOD. — Todavía no : antes es preciso deciros algo sobre otras cosas relativas aun á la estension, como son el volumen, la masa, la densidad, y la porosidad. Esa viga, que yace allá bajo, nos presenta tres dimensiones, os la podeis mirar en lo larga, en lo ancha y en lo gruesa que es : la reunion de estas tres dimensiones forma el *volumen* de la viga, como forma el de todos los cuerpos. Guardaos de creer que la estension de la materia, ó el lugar que ocupa en el espacio, esté en relacion con la cantidad de esta materia, pues, si lleno aquel carro de paja, á buen seguro que ocuparé mas espacio que con la viga, y con todo la viga pesará mas, ó tanto, ocupando menos puesto. Esto depende de que la materia no está en todos los cuerpos del mismo modo. En el hierro y la madera de encina está mucho mas apretada que en el corcho y en la esponja.

EUG. — He aquí una cosa que no concibo, porque la materia está mas apretada en unos cuerpos que en otros.

TEOD. — Vais á comprenderlo inmediatamente. La materia que entra en la formacion de un cuerpo es un agregado de particillas de una pequenez increíble ; de tal suerte que cada una de ellas, separada

de las otras, seria totalmente imperceptible. Estas partículas, ó moléculas, tienen figuras diferentes, y estan unidas entre sí por una fuerza que ya os esplicaré, en virtud de la cual se asocian como si estuviesen pegadas la una á la otra con cola. Suponed que cogeis unos cuantos puñados de arena fina y que habeis bañado, esta arena en una cola muy liquida; apretándola con los puños podreis hacer una bola ó cualquier otra cosa, cada uno de los granos unido á otros con la cola, formará con los demas un todo, una masa dura que será una piedra. Pero por mas que apreteis siempre, habrá puntos por donde no se tocarán los granos de arena sin hablar del intermedio de la cola que une un grano á otro. Sucederá lo propio que con un saco de nueces, pues, por mas que apreteis, siempre queda espacio vacío entre nuez y nuez, impidiendo su figura que se toquen por todas partes. Estos puntos por donde no se tocan los granos forman vacíos, y cuanto mayor fuese la suma de estos vacíos mas estension tendrá el cuerpo formado por la arena, aunque el número de sus granos sea el mismo. Ahora bien, todos los cuerpos estan formados por la reunion de moléculas, infinitamente mas pequeñas que la arena mas fina, y sin embargo por apretadas que esten, nunca se tocan, siempre dejan vacíos que forman lo que se llaman los *poros* de los cuerpos. Y si hay otra propiedad inherente á la materia, es sin duda esta disposicion de sus moléculas llamada *porosidad*. En el hierro, en la madera de encina, estas moléculas estan mas apretadas que en el corcho y en la esponja, y por lo tanto los poros de

estos dos últimos cuerpos son mayores, lo cual hace que con menos materia pueden tener mayor volumen. La cantidad de moléculas que tiene un cuerpo se designa con el nombre de *masa* de este cuerpo, y ya concebís por lo tanto, que dos cuerpos pueden tener bajo un mismo volumen masas diferentes, puesto que las moléculas del uno pueden estar menos apretadas que las del otro, y dejar entre ellas vacíos mas espaciosos que aumentan la estension total del cuerpo. Si tomáis un centenar de naranjas y formáis un monton uniéndolas entre sí, por medio de alambres de un palmo, el monton será mucho mas voluminoso que si estos alambres no tienen mas que una pulgada y que si amontonáis las naranjas sin alambres: con todo siempre consta el monton de cien naranjas. Lo mismo sucede pues en todos los cuerpos; el hierro tiene sus moléculas mas arrimadas entre sí que el corcho, y de aquí es que un pedazo de hierro como un peso fuerte tiene tanta masa como un pedazo de corcho mayor que la mano, tal vez, y como una esponja tres veces mas voluminosa. El modo como estan unidas las partículas de un cuerpo bajo cierto volumen se llama *la densidad* de este cuerpo, así es ocioso decirnos que cuantas mas partículas contiene un cuerpo, en un dado volumen, tanto mas denso es, el oro es más denso que el palo, el palo mas que la esponja, la esponja mas que el aire. Porque tomando en un mismo volumen cada uno de estos cuerpos, el oro pesa mas que el palo, el palo que la esponja, y esta que el último. Y es precisamente el peso, el que nos conduce á apreciar el número relativo de partículas

ó la masa de un cuerpo, pues, pesando cada partícula de por sí, como veremos á su lugar, cuantas mas partículas hubiere, mas pesará el cuerpo. Si pesarais dos sacos de naranjas y el uno pesase dos arrobas, el otro una: á buen seguro que diriais que en el segundo hay menos naranjas; pues el peso de cada saco es la suma del peso de cada naranja contenida en él. Pues figuraos que, lo que es al saco la naranja, es al cuerpo su molécula, y concebireis fácilmente su masa, su peso y todo lo demas.

EUG. — He comprendido bien todo lo que acabais de explicarme, escepto una cosa. Yo veo claramente que en el corcho, en la esponja, en el pan y en una multitud de cuerpos, que me han acudido al pensamiento, hay lo que habeis llamado poros, pues saltan á la vista; pero en el palo de encina, en el marmol, en el oro, no puedo resolverme á creer que los haya; pues, ni la punta mas fina de un agujero de coser hallaria uno solo. ¿Y qué os diré del diamante? ¿A mas de que no estamos viendo á cada paso jarras y cántaros que contienen el agua sin dejarla pasar, que el vidrio no solo no abre paso al agua en las redomas y vasos, sino que no le cede tampoco al aire en las vidrieras, siendo tan sutil como es?

TEOD. — Esperad un poco: yo os formaré un discurso de donde se infiere que todos estos cuerpos tienen poros; llenad un vaso de vidrio de arena fina hasta que no pueda llevar mas, apretadla cuanto fuere posible, de suerte que mirando por encima, por el fondo y por los lados del vaso, os

certifiquéis que dentro de él no queda hueco alguno considerable. Estando el vaso así lleno de arena, echadle encima un poco de agua, y vereis como se va sumiendo por la arena adentro. Pregunto ahora, ¿en donde se acomodó esta agua que bebió la arena?

EUG. — Se acomodó dentro del vaso.

TEOD. — Decis bien; pero el vaso estaba lleno de arena como visteis, por lo que solo el agua se podía acomodar en algunos huecos pequeñitos entre grano y grano; porque así como en un saco de nueces por mas que se aprietan siempre dejan entre sí algunos espacios vacíos, así tambien, con su debida proporcion, los granos de arena. Luego en esta arena así apretada habia poros.

EUG. — En eso no dudo, porque vemos que el agua allá se entró, y allá se acomodó.

SILV. — No tengáis escrúpulo en eso, porque ya habeis visto, que no puede haber naturalmente compenetracion de dos cuerpos; ó, lo que es lo mismo, que la arena y agua no pueden estar verdaderamente en el mismo lugar; y así si el agua se sume, es porque se acomoda en algunos vacíos muy tenues que dejó la arena.

EUG. — Así será; pero yo en donde dudo mas es en el oro y en otras cosas semejantes.

TEOD. — Y si yo en el oro hiciere la misma experiencia que en la arena ¿dudareis? Creo que no; pues oid: coged una moneda de oro, echadle encima despacio un poco de azogue, vereis como se introduce en el oro, de modo que queda como una

moneda de plata, de tal suerte que si la partiéreis la vereis plateada tambien por dentro.

SILV. — Eso bien á mi costa lo esperimenté yo; porque dias pasados quise hacer un remedio en donde habia de entrar azogue; descuidéme, y unas monedas de oro que estaban sobre la mesa se me convirtieron en monedas de plata, y ninguno se persuade que son de oro, quedándome de este modo totalmente inútiles, porque no hallo quien me las tome.

TEOD. — Metedlas en el fuego, y saldrá el azogue en humo; quedando el oro en su color antiguo. Mas yo quiero que hagais justo concepto de la porosidad increible de los cuerpos á fuerza de esperiencias. Si cogiéreis una barra de oro macizo, y metiéreis una estremidad dentro del azogue, vereis que no solo queda cubierta de azogue toda la superficie exterior del oro, sino que pasa por dentro desde una estremidad hasta la otra con gran facilidad, cosa que pide una gran multitud de poros; ademas de esto vemos que el *agua regia* deshace el oro enteramente, lo que no puede ser sino penetrando por sus poros.

EUG. — Notables son esas esperiencias por cierto; ¿y acerca de los otros metales tenemos tambien esperiencias que prueben tener muchos poros?

TEOD. — Cuando no los hubiese sino en el oro, tendríamos un argumento muy grande para todas las demas cosas. Porque, como ya os he dicho, los cuerpos

* P. Schott. *Mag. univ. Ozanam Recreation. Mathem. P. Regnault*, tomo IV, p. 46.

que teniendo igual estension son mas pesados, tienen mayor porcion de materia y menos poros; por el contrario, los que son mas ligeros tienen menos materia y por consiguiente mas poros. Luego si el oro, que es pesadísimo, tiene tantos poros como dije, muchos mas sin comparacion tiene la plata, el plomo, etc. Pero si quereis esperiencias no faltan. Puede hacerse con la cal viva, vinagre destilado, salitre, sal marina y azufre una mezela, de la cual sale una sal que penetra un papel de estraza*: tambien se hace otra de ciertos ingredientes, que penetra una lámina de plata de parte á parte, sin dejar el menor vestigio. En las piedras tambien no se puede negar que hay poros, y muchos. Un célebre caballero francés, llamado Mr. Dufai, tenia un secreto de pintar las piedras, de tal suerte que la tinta penetraba hasta lo interior de ellas; de aquí resultaba, que despues de pintadas se trabajaban, pulian y quedaban tan equivocadas con las piedras de varios colores naturales, que no se podian fácilmente distinguir. Un amigo mio estando en París tuvo la fortuna de conocer á este caballero, y vió algunas piedras de estas, que le hicieron admirar. Las maderas ya veis que tambien han de tener poros en mayor abundancia. Una esperiencia tengo ya hecha que le convence: sobre esta máquina en que he hecho lo del canario, llamada máquina *pneumática* puse un cañuto abierto por encima, y sobre este un vaso de roble con agua, cuyo fondo no era muy grueso; despues de estraer el aire con la máquina de den-

* Mémoires de l'Académie, p. 503.

tro del cañuto, fué el agua traspasando visiblemente el fondo del vaso y cayendo dentro del cañuto de vidrio. Pero advierto que el vaso ha de ser hecho de suerte que las fibras ó venas del palo queden á lo largo.

EUG. — Supuesto lo que queda dicho de los metales no me admira eso.

TEOD. — De semejante modo hace el abate Nollet pasar el azogue por un cuero de búfalo.

EUG. — Ya me doy por convencido; pero no me canso de oir estas esperiencias, porque me instruyen notablemente.

TEOD. — Por no detenernos en este punto, que no es el principal, omito muchas que pudiera traer; pero quiero hacer delante de vuestros ojos una esperiencia bien pasmosa; y mientras mando venir unos ciertos espíritus que me son precisos, os diré otra que hice pocos dias há. La cáscara de un huevo es cuerpo bien unido y cerrado; pues sabed que tiene muchos poros, y capaces de pasar por ellos el aire: conocí esto de este modo; metí dentro de la máquina *pneumática* un vaso con agua y un huevo enteramente metido en ella; despues de estraído el aire, ví ir saliendo de la cáscara del huevo unos globulillos, los cuales subian por el agua arriba hasta la superficie, y la causa de este efecto era algun aire que estaba dentro del huevo, el cual iba saliendo por los poros de la cáscara hácia afuera dividido en partículas tenuísimas; pero se juntaban para formar algunos globulos sensibles, que eran visibles por estar dentro del agua, porque á no ser eso no se per-

cibirian de ningun modo. Yo os haré la esperiencia cuando quisiéreis.

EUG. — Confieso que me parecia imposible que el aire pasase un cuerpo tan denso como es la cáscara del huevo; mas contra esperiencia no hay argumento. Me ocurre ahora preguntaros una cosa que oí decir hace ya largo tiempo: me dijeron que habia un modo de conservar los huevos frescos por mucho tiempo, ¿acaso será estrayéndoles el aire, como hicisteis á ese?

TEOD. — No; es por camino opuesto: lo que conserva los huevos frescos por muchos meses es taparles los poros de la cáscara, de suerte que no pueda evaporarse por ellos sustancia alguna del huevo, el modo mas facil y mas seguro para esto es barnizarlos, dándole tres ó cuatro manos de barniz ordinario; otros en lugar de barniz usan de cera derretida; de esta suerte se conservan frescos muchos meses. Yo sé quien los llevó de aqui para la India, y tambien he visto persona fidedigna * que probó uno guardado cinco ó seis meses con esta precaucion, y le halló muy bueno. Ademas de esto tiene esta receta, que es de Mr. Reaumur, tiene, digo, otra utilidad, y viene á ser que cualquiera de estos huevos despues de guardados seis ó siete meses con esta cautela, separándole el barniz, puede ser empollado por las gallinas, y nace el pollo como si fuese fresco. Pero es preciso que le separen el barniz ó cera, y que esto sea con la precaucion de no llevarle al fuego, ni cuando le pusieren la cera vaya

* Nollet, tomo I, p. 99.

muy caliente, para que el calor nimio no ofenda la semilla del pollo que ha de nacer.

EUG. — De esta suerte fácilmente se pueden trasportar los pájaros de un país á otro. Llevándose los huevos con esa cautela, pueden despues sacarse por una gallina, pues bien sabemos que esta saca huevos de muy diversas castas.

TEOD. — Teneis razon; y no dejarán los hombres de valerse de esta receta para semejante intento. Vamos ahora á la esperiencia que os prometí hacer á vuestra vista. En estos dos vidrios tengo dos licores diferentes; en el uno tengo *vinagre destilado* y mezclado con *sal saturno*; hacedme el favor de escribir en este papel lo que quisiéreis con este licor †.

EUG. — He aquí escribí algunas palabras, mas las letras apenas se perciben.

TEOD. — Dejadlas secar, y de ningun modo se percibirán: en cuanto se sequen, mojo este otro papel con este licor que tengo en el otro vidrio, que es una preparacion que consta de *cal viva*, una tinta que llaman *oro pimenta* y agua; bien veis que es un licor claro y sin color: reparad ahora en lo que hago. Aquí tengo este libro que tiene cerca de quinientas páginas; entre sus hojas meto estos dos papeles, el que escribisteis va en el principio del libro, y el que yo mojé con el otro licor va en el fin: dejadlo estar cerrado cuatro ó cinco minutos, y os admirareis viendo que el papel que escribisteis aparece escrito con una tinta negra.

† Lemeriy, p. 309. Nollet, tomo I, p. 401. Regnault, tomo I, p. 51.

EUG. — ¿Cómo puede ser eso? Cuando metisteis en el libro el papel que yo habia escrito no se conocian ya las letras de ningun modo, ¿ahora cómo han de quedar negras? ¿Qué decís, Silvio?

SILV. — Digo, que veremos : la esperiencia nos mostrará la verdad ; ni presumo de Teodosio que habia de prometernos una cosa notable, si no estuviere bien seguro en ella, y no la hubiese ya experimentado por sí mismo. Esperemos un poco.

TEOD. — Agradézcoos ese buen concepto que de mí formais. Eugenio, aquí teneis el libro, sacad vuestro papel.

EUG. — No puedo creer lo que veo : mirad, Silvio, estas son las palabras que yo escribí con este licor claro, que está en este vidrio, y ahora están las letras negras como veis.

SILV. — El efecto es pasmoso, por cierto : vamos á averiguar la causa de él.

TEOD. — La causa es la que conduce al punto que tratamos de la porosidad de los cuerpos : sabed que las partículas del licor con que mojé el papel que puse en el fin del libro atravesaron las hojas del libro de parte á parte, y se fueron á mezclar con el licor de las letras que escribisteis ; y tienen estos dos líquidos una propiedad particular, que mezclándose el uno con el otro, aunque cada uno de ellos por sí solo es claro, ambos juntos hacen un color oscuro. Para que me creais los mezcló en este otro vaso... ¿Veislo?

SILV. — Así es ; mas si las partículas de este licor atravesaron por los poros todas las hojas del

libro, habian de dejar en ellas algun vestigio, lo que no vemos, pues el libro quedó muy limpio.

TEOD. — No dejaron vestigio, porque estas partículas que traspasaron las hojas no tienen color alguno en sí, y solo cuando se juntan con el otro licor es cuando quedan con un color oscuro. Por tanto cuando pasaron por las hojas del libro aun no tenían color negro para mancharle.

EUG. — A lo menos habian de mojar las hojas.

TEOD. — No ; porque para eso era preciso que hubiese mayor cantidad de líquido, y que las partículas no fuesen tan sutiles como es fuerza que sean, supuesto que penetran los poros de las hojas que hay en el libro. Concluyendo pues la digresion, que ha sido mas larga de lo que yo queria, bien veis la abundancia de poros que es preciso que haya en las hojas del papel para poder las partículas de un líquido atravesar en cuatro ó cinco minutos quinientas páginas.

EUG. — Confieso que nunca esperé que tuviesen paso tan facil las partículas de un líquido penetrando un libro entero. Mas decidme, Teodosio, ¿y esos poros pueden verse con algun instrumento?

TEOD. — Valiéndose de microscopios muy fuertes se han visto algunos poros mas sensibles. Mr. Hook¹ contó en una fibra de carbon, que tendria de largo el grueso de una moneda de diez *reis*², hasta ciento y cincuenta poros ; y haciendo cuenta de los poros, que segun esta observacion podria tener un carbon que tuviese una pulgada de diámetro, asien-

¹ *Journal des Savants*, 22 décembre, p. 738.

² Moneda de cobre portuguesa, que corresponde á ocho maravedis.

ta que habia de tener mas de cinco millones; otro llegó á observar los poros en el oro, que como es cuerpo mas pesado es preciso que sean mas pequeños, y aparecian como unas cavidades oscuras.

EUG.—¿Cuán diversas son las cosas del concepto que yo formaba! Mas decidme; ¿el cuerpo humano tendrá como todos sus poros, y tenemos de esto una prueba en el sudor que nos riega la piel muchas veces?

TEOD.—Que os diga Silvio, como médico que es, si andais en ello equivocado.

SILV.—El cuerpo humano tiene poros. Eugenio, pero no por ellos sale el sudor, sino por unos cañutillos pequenísimos que vienen de otros, por donde circula la sangre, y se abren en la superficie del cuerpo para exhalar el material de la transpiración. Cuando Teodosio os explique la ciencia de la vida y la anatomía ya os daré mas pormenores sobre el particular, si él me los pide.

TEOD.—Basta ya de poros y pasemos á otras propiedades generales de la materia.

§ IV.

De la impenetrabilidad, movilidad y divisibilidad.

TEOD.—Como buen militar, debeis de haber jugado al billar alguna vez, y habeis visto que una bola llega á donde está otra, la coge de lleno, la hace marchar, y ella se queda en el lugar donde estaba

¹ Lemeris, *Bibliot. d. s. Philosoph.*, tomo 1, p. 658.

la primera. Si en vez de una bola hubiese muchas, todo el billar estuviese lleno, la bola que empuja en vez de ponerse en el lugar de la otra se volvería, ó no podria moverse. Si llenais medio vaso de agua y luego echais vino llenais el vaso: todo esto os prueba que un cuerpo no deja ocupar á otro el espacio que él ocupa, sino marchándose de él, esto es que es impenetrable. Hasta con el aire podreis probar lo mismo; si yo tomo este vaso y lo meto con la embocadura abajo, el agua se introduce como veis en él, pero nunca llegará á tocar el fondo del vaso, porque allí hay una porcion de aire que se lo impide, puesto que no puede salir. Haced un agujero en el fondo; el agua subirá. Veis este embudo colado á este frasco: echad agua en él.

EUG.—Tampoco baja: sin duda el aire del frasco se lo impide. Esto para mí es claro: pero no deja de haber cuerpos que son realmente penetrables; esto es, que sin abandonar su puesto, dejan penetrarse por otros que van á ocupar el mismo puesto; por ejemplo el azucar se deja penetrar por el agua, el mermol por el aceite: vos mismo y Silvio me habeis citado que el oro se deja penetrar por el azogue.

TEOD.—Poco á poco, amigo. Yo os he dicho que la impenetrabilidad consiste en una propiedad de la materia, en virtud de la cual su presencia en un dado espacio, escluye de él necesariamente cualquiera otra cantidad de materia. Os he dicho tambien que la materia era un agregado de partículas, que, por estrechas que estuviesen, no se tocaban por todas sus partes; esto es, que dejaban vacíos. Hacedos cargo de estas dos nociones y vereis que la

ta que habia de tener mas de cinco millones; otro llegó á observar los poros en el oro, que como es cuerpo mas pesado es preciso que sean mas pequeños, y aparecian como unas cavidades oscuras.

EUG.—¿Cuán diversas son las cosas del concepto que yo formaba! Mas decidme; ¿el cuerpo humano tendrá como todos sus poros, y tenemos de esto una prueba en el sudor que nos riega la piel muchas veces?

TEOD.—Que os diga Silvio, como médico que es, si andais en ello equivocado.

SILV.—El cuerpo humano tiene poros. Eugenio, pero no por ellos sale el sudor, sino por unos cañutillos pequenísimos que vienen de otros, por donde circula la sangre, y se abren en la superficie del cuerpo para exhalar el material de la transpiración. Cuando Teodosio os explique la ciencia de la vida y la anatomía ya os daré mas pormenores sobre el particular, si él me los pide.

TEOD.—Basta ya de poros y pasemos á otras propiedades generales de la materia.

§ IV.

De la impenetrabilidad, movilidad y divisibilidad.

TEOD.—Como buen militar, debeis de haber jugado al billar alguna vez, y habeis visto que una bola llega á donde está otra, la coge de lleno, la hace marchar, y ella se queda en el lugar donde estaba

¹ Lemeris, *Bibliot. d. s. Philosoph.*, tomo 1, p. 658.

la primera. Si en vez de una bola hubiese muchas, todo el billar estuviese lleno, la bola que empuja en vez de ponerse en el lugar de la otra se volvería, ó no podria moverse. Si llenais medio vaso de agua y luego echais vino llenais el vaso: todo esto os prueba que un cuerpo no deja ocupar á otro el espacio que él ocupa, sino marchándose de él, esto es que es impenetrable. Hasta con el aire podreis probar lo mismo; si yo tomo este vaso y lo meto con la embocadura abajo, el agua se introduce como veis en él, pero nunca llegará á tocar el fondo del vaso, porque allí hay una porcion de aire que se lo impide, puesto que no puede salir. Haced un agujero en el fondo; el agua subirá. Veis este embudo colado á este frasco: echad agua en él.

EUG.—Tampoco baja: sin duda el aire del frasco se lo impide. Esto para mí es claro: pero no deja de haber cuerpos que son realmente penetrables; esto es, que sin abandonar su puesto, dejan penetrarse por otros que van á ocupar el mismo puesto; por ejemplo el azucar se deja penetrar por el agua, el mermol por el aceite: vos mismo y Silvio me habeis citado que el oro se deja penetrar por el azogue.

TEOD.—Poco á poco, amigo. Yo os he dicho que la impenetrabilidad consiste en una propiedad de la materia, en virtud de la cual su presencia en un dado espacio, escluye de él necesariamente cualquiera otra cantidad de materia. Os he dicho tambien que la materia era un agregado de partículas, que, por estrechas que estuviesen, no se tocaban por todas sus partes; esto es, que dejaban vacíos. Hacedos cargo de estas dos nociones y vereis que la

impenetrabilidad pertenece á la materia considerada de molécula á molécula, y no á la masa de una manera absoluta. Mas claro: Cuando el agua se introduce en el azucar las moléculas del agua no penetran las del azucar, sino los vacíos que dejan entre sí sus partículas, las cuales no se mueven de su lugar, sino cuando el azucar se deshace; por lo tanto el agua y el azucar ocupan lugares diferentes; aunque ambos cuerpos se hallen en un mismo volumen. Si tomáis una medida de nueces y metéis una libra de perdigones en la misma medida, el volumen de esta no mudará; ningun perdigon ocupará el lugar donde se hallare una nuez, y con todos los perdigones se hallarán dentro de la medida como las nueces, pero ocupando los vacíos que estas dejan entre sí. Y para que lo acabeis de ver, sabed que el agua, cuando sube á ocupar los poros del azucar, arroja de ellos el aire que contenian, como os lo demuestran las gorgoritas que suben del fondo de un vaso de agua, luego de haber echado en él un pedacito de azucar. Bajo este sentido los cuerpos pueden ser penetrables, pero no por todos los cuerpos líquidos. Así el azucar, la madera, lo son por el agua, el marmol, que no da paso á esta, lo es por el aceite, como habeis dicho muy bien, y ya os diré en otra parte de qué depende esto.

EUG. — Quedo satisfecho completamente y podeis pasar á la movilidad.

TEOD. — Concebís fácilmente que todos los objetos que teneis á la vista pueden ser trasladados de un lugar á otro, cuales enteros, cuales á pedazos, habeis oido decir que ciertos terremotos hun-

den montañas enteras, que parecia que nada las habia de quitar de su asiento. El sol, la luna y las estrellas, segun dicen los astrónomos, son masas enormes, siendo solo la luna de entre los nombrados, menor que la tierra, y ya veis que se mueven; con que no os ha de quedar duda que la materia es movable; pero esto no quiere decir que ella se mueva por sí misma: veis ese carro que está pasando; es trasportado de un lugar á otro sucesivamente, no por sí mismo, sino por los mulos que tiran de él; quitad los mulos; el carro se quedará en el lugar donde aquellos cesaren de tirarle, y allí se quedaria eternamente si nada obrase sobre él para removerlo, ó destruirlo. Esto os demuestra que la movilidad pertenece á la materia, pero no el movimiento, esto es, no el acto de trasladarse de un lugar á otro: el carro es movable, pero quien le mueve son los mulos.

EUG. — Pero los mulos tambien están formados de materia y se mueven por sí mismos.

TEOD. — Terrible sois en vuestras objeciones, Eugenio; voy á responderos: matad de un martillazo ó con un veneno los mulos; no solo ya no mueven el carro, sino que ni se sostienen ellos sobre sus pies; caen al suelo. Y con todo la materia de que están formados existe aun: esto os obliga á confesar que el movimiento que daban al carro y á sus miembros no les venia de su materia, sino de una fuerza que consistia en la vida. No querais saber por ahora en que consiste, porque no es cuestion para vos. Con que, pues, para que haya movimiento no basta solo que haya materia, sino que

haya tambien una fuerza que lo produzca , haciendo pasar la materia de un lugar á otro. No tardaré en hablaros del movimiento y de las fuerzas que lo producen ; por ahora no nos movamos de la movilidad ; pues que ella pertenece á la materia. Así como la materia no puede ponerse en movimiento por sí misma , así tampoco puede ponerse por sí misma en reposo , luego que una fuerza la ha movido : siempre son otros cuerpos que le hacen perder este movimiento , los que la ponen en reposo : todo cuerpo por sí está indiferente para el movimiento ó para la quietud ; tan bien se halla en un estado como en otro , él por sí no pide ni uno ni otro ; la piedra cuando se mueve tiene el mismo ser , y las mismas perfecciones que tiene cuando está parada ; esto supuesto , si determinan el cuerpo para que esté quieto , quieto se queda hasta que le muevan ; y si le determinan al movimiento , se va moviendo hasta que le hagan parar : porque cuanto es por sí , ni para una ni para otra cosa tiene repugnancia alguna , y esto es lo que llaman *inercia* de los cuerpos.

EUG. — Esa es la mayor paradoja que jamas se ha oído. Cuando yo tiro una bola por esta llanura , bien veis que en poco tiempo se acaba el movimiento ; ¿ no me direis , por vida vuestra , qué es lo que la hace parar ?

TEOD. — Sí , que lo diré : es el suelo por donde va rodando , y tambien el aire algun tanto la retarda : ¿ quereis ver esto manifestamente ? Tirad la misma bola y con igual fuerza por encima de un empedrado de losas bien lisas y unidas ; es cierto que ha

de perseverar en el movimiento mucho mas tiempo que cuando se movia por la arena y tierra suelta : ¿ y cuál es la razon de eso , sino porque la arena resiste mucho mas al movimiento de la bola que se va enterrando en ella , que no las piedras ?

EUG. — Pero aun rodando por encima de esas losas al cabo ha de parar.

TEOD. — Sí ; porque siempre el suelo sirve de estorbo : colgad una bola de hierro de una cuerda de aquel barron de hierro que está en el techo , é impledda con la misma fuerza con que la tirariais por el suelo , y vereis cuanto tiempo dura moviéndose. Si ahora hiciéseis la esperiencia , primero acabariamos nuestra conferencia que la bola de hierro su movimiento ; mas porque el aire le haria su tal cual resistencia poco á poco se iria parando. Haced la esperiencia dentro de la máquina pneumática , esto es , en aquella máquina con que se estraee el aire de dentro de una gran manga de vidrio ; y vereis como el movimiento del péndulo , quiero decir el peso colgado , dura mucho mas tiempo que acá fuera , á proporeion de la cuerda y del peso que está colgado , que á todo esto se debe atender ; y no es otra la razon sino porque allí no tiene tanta resistencia ; ademas de eso , ved cuantas vueltas da una rueda sobre su eje , si está bien pulido , dándole un solo golpe ; y con todo tiene la resistencia que hace el aire y el eje ; y para que veais si el eje hace resistencia , reparad como se va gastando y puliendo cada vez mas , y esto no puede ser sin resistencia igual ó mayor que la que haria una lima con que le quisiésemos pulir. De donde se infiere ,

que cuanto menor es la resistencia tanto mas tiempo dura el cuerpo en movimiento; y si no hubiese resistencia alguna nunca pararia por la misma razon; pero no se puede dar caso en que deje de haber resistencia, y esta, por poca que sea, basta para ir parando poco á poco el cuerpo que se movia.

EUG. — El discurso es bastante ingenioso; y me doy por convencido: vamos adelante.

TEOD. — Supuesto lo que tengo dicho, Eugenio, bien veis como se puede conservar un cuerpo en movimiento despues de la primera determinacion, así como se conserva quieto en un lugar despues que le pusieron en él: ahora bien, el durar este movimiento mas ó menos tiempo procede de la mayor ó menor resistencia que le hacen, y de la mayor ó menor fuerza con que se produjo el movimiento. De aquí es que un cuerpo impelido con una determinada fuerza, unas veces persevera moviéndose por mas tiempo, otras por menos; por el aire v. g. dura mas el movimiento que por el agua, porque esta hace mayor resistencia. Por otra parte si le impelemos con poca fuerza dura poco; si la fuerza es mayor dura mas tiempo; en una palabra, va durando el movimiento mientras que la resistencia no le estingue.

EUG. — Igual es la razon porque á veces unas cosas pesadas yendo por el mismo camino, y siendo despedidas con igual velocidad, duran mas en el movimiento que otras mas ligeras. Por ejemplo, si yo tirase una bolilla de papel y una piedrecita del mismo tamaño, la bolilla de papel cae luego á poca distancia y la piedra va mucho mas lejos.

TEOD. — En ese caso en que empleo igual fuerza para la bolilla de papel y la piedra, es clara la razon; porque cuanto mayor es la cantidad de materia, mas cuesta vencerle y estinguirle: y si la piedra y la bola de papel van con igual velocidad, esto es, recorren el mismo espacio en un mismo tiempo; ¿en cual se ha empleado mas fuerza?

EUG. — En la piedra, porque tiene mas materia.

TEOD. — Luego yendo la piedrecita con igual velocidad á la de la bola de papel, la piedra se mueve con mas fuerza, y por lo mismo cuesta mas el estinguir este movimiento; y mientras no lo estinguen va andando y persevera. Esto se confirma por la esperiencia. Vemos que un cañon de artilleria cargado con taco y bala echa el taco á muy poca distancia, y la bala de hierro á distancia muy considerable; y si le cargásemos con dos balas iguales, una de palo y otra de hierro, la de hierro siendo mucho mas pesada ha de ir mucho mas lejos que la de palo. Vemos que dos bolas, una de hierro, otra de palo, iguales en el tamaño, y colgadas en cuerdas del mismo largo, levantándolas á una misma altura y dejándolas caer, continuan moviéndose por mucho tiempo; pero la de palo acaba mucho mas presto que la de hierro. Y no es otra la razon de estos efectos sino la que ya dije, porque la bola ó bala de hierro tiene muchas mas partes de materia; y así vence mas la resistencia que le hace el aire, y por consiguiente es preciso mas tiempo para que el aire, resistiendo el movimiento la vaya parando, poco á poco, y en cuanto el aire no acabare de estinguir al movimiento se va moviendo la bala de hierro; el

aire por sí resiste igualmente á la bola de palo y á la de hierro en el caso que sean del mismo tamaño ¹, igualmente lisas ², y que vengan con igual velocidad ³; pero como en la bola de palo resiste á veinte partes de materia, v. g., y en la de hierro resiste á ochenta, mas presto ha de vencer y hacer parar las veinte que las ochenta.

EUG. — Pero no obstante todo ese discurso, si yo tirase una bola de hierro y otra de palo del mismo tamaño, la de hierro correrá poco espacio, y la de palo correrá mucho: persuadidme ahora que tirando con igual fuerza dos bolas diferentes en el peso la mas pesada ha de durar mas en movimiento.

TEOD. — Yo no he dicho eso: poned cuidado, dije, dando igual velocidad á las dos bolas, no dije que tirándolas con igual fuerza; y no es lo mismo. ¿Quereis ver la diferencia? pues atended. Supongamos que yo tiro una bala de cañon poniendo en ella toda mi fuerza, y tambien que poniendo toda mi fuerza tiro una bola de palo; en este caso muevo ambas bolas con igual fuerza: ¿no es así?

SILV. — Así es, porque pusisteis toda vuestra fuerza en uno y otro caso.

¹ Todas las veces que la superficie es mayor cuesta mas dividir el aire: luego para ser igual la resistencia del aire es preciso que los cuerpos sean del mismo tamaño.

² Quanto mas escabrosa es la superficie mas tiene el aire en que tropezar, y mas embaraza el movimiento; luego para que dos cuerpos corten el aire con igual facilidad es preciso que sean igualmente lisos.

³ Mayor resistencia se experimenta moviendo un papel por el aire si va de prisa que si va despacio; luego quanto mayor es la velocidad mayor es la resistencia, y para ser igual la resistencia debe ser igual la velocidad.

TEOD. — Preguntemos ahora; ¿van con igual velocidad? Ciertamente no: la bala de hierro va mucho mas despacio que la de palo.

SILV. — No tiene duda.

TEOD. — Luego no es lo mismo tirar yo dos bolas con igual fuerza ó darles igual velocidad. Hasta aquí el caso en que hablé era cuando las dos bolas se movian al principio con igual velocidad, como sucede en el cañon de artillería, en que bala y taco salen juntos del cañon, y en quanto se mueven por dentro de él van con igual velocidad, porque la bala no puede salir sin que primero salga el taco: lo mismo sucede cuando se carga el cañon con una bala de palo sobre otra de hierro; y finalmente cuando tirais á un tiempo con una piedrecita y una bolilla de papel que tuvieseis juntas en la mano, porque en todos estos casos tienen igual velocidad al principio ambos cuerpos, y por eso en todos esos casos dura mas en el movimiento el mas pesado.

EUG. — ¿Y por qué no doy á la bala de cañon velocidad igual á la que doy á la bola de palo de su tamaño, si pongo igual fuerza en mover una y otra?

TEOD. — Es porque para mover la bola de palo con diez grados de velocidad, v. g., basta la fuerza ordinaria de un hombre, y para mover la bala de cañon con diez grados de velocidad es preciso la fuerza de un gigante, porque es claro que quanto mas pesada es una bola mas fuerza es preciso para moverla; y como yo no tengo la fuerza de un gigante, puedo dar diez grados de velocidad á la bola de

palo, y no los puedo dar á la de hierro : si la experiencia se hiciese en bolas chicas, v. g. una de hierro y otra de palo, podria dar á la de hierro velocidad igual á la de palo, y entonces iria mas lejos la de hierro ; en las grandes no puedo hacer eso : harálo el cañon de artillería, porque la pólvora tiene fuerza para todo ; pero entonces sucederia lo que tengo dicho, iria la bola de hierro mucho mas lejos.

EUG. — Teneis razon : seguid con vuestro discurso.

TEOD. — Vamos á la divisibilidad. Esta propiedad es una consecuencia de la estension ; porque si una masa de materia ocupa una porcion de espacio, siempre se le puede suponer dos mitades ; y cada una de estas mitades tiene otras dos, y así sucesivamente, hasta el infinito, ó al menos hasta una pequeñez que no alcanzamos. Pero no nos entretengamos en una divisibilidad que necesita los esfuerzos de la imaginacion para comprenderla ; veamos si hay medios naturales y artificiales para probarla. Un cruzado nuevo de oro¹, cuyo grueso apenas se percibe al tacto, tiene mas de tres mil partes de oro visibles y sensibles, y para que no os quede duda vos mismo habeis de hacer la cuenta. ¿Cuanto cuestan unos panes de oro de los que ordinariamente se venden?

EUG. — Yo he comprado varias veces un pequeño librito que tiene cinco panes por dos *vintens*².

¹ Moneda portuguesa de oro que equivale á once reales y diez maravedis de Castilla.

² El *vinten* corresponde á diez y seis maravedis de Castilla.

TEOD. — Por esa cuenta, si compraseis un cruzado nuevo de panes de oro han de daros sesenta. En cada uno de los tales panes ú hojas de oro caben siete cruzados nuevos á lo largo y otros siete á lo ancho ; y como la hoja es cuadrada, resulta caber cuarenta y nueve cruzados nuevos estendidos sobre la hoja de oro, porque caben siete hileras cada una con siete cruzados nuevos, y siete veces siete son cuarenta y nueve. Además de eso han de quedar algunos vacíos, porque no se pueden juntar tanto los cruzados nuevos que no queden muchos huecos, los cuales ciertamente si se juntasen darian lugar para un cruzado nuevo mas, que junto con los cuarenta y nueve completa el número de cincuenta. Con que sacamos que una de estas hojas de oro tiene estension igual á la estension de cincuenta cruzados nuevos ; y como tenemos sesenta hojas semejantes é iguales, viene á ser la estension de todas las hojas de oro igual á tres mil cruzados nuevos. Como todas aquellas hojas de oro salieron de una porcion de oro igual al cruzado nuevo que disteis, se sigue que esa moneda se estendió de suerte que tiene ahora una estension mucho mayor ; y como cuanto mas se estendió quedó mas delgada, se sigue tambien que el grueso de estas hojas de oro es tres mil veces menor que el del cruzado nuevo, porque su estension es tres mil veces mayor.

EUG. — Esa cuenta no puede faltar.

TEOD. — Ahora añadid que el grueso de estas hojas de oro es sensible, aunque muy pequeño ; luego en un grueso tres mil veces mayor, cual es el del cruzado nuevo, hay tres mil partes sensibles.

EUG. — Confieso que me veo precisado á creer lo que me parecia absolutamente imposible.

TEOD. — Usé de este argumento por ser el mas innegable, no por ser el que mas da á conocer la pequenez á que se pueden reducir las partes de la materia. Otro hay que aun la declara mas. Supongo que no teneis noticia del modo con que trabajan los tiradores del hilo de oro y plata. Toman una barra de plata del grueso de esa vengala, y de tres cuartas de largo del poco mas ó menos; cúbrenla de hojas de oro, el cual con el calor del fuego y el pulimento de la piedra, que acá en Portugal llaman de rayo, queda pegado á la plata inseparablemente; despues haciendo pasar sucesivamente esta barra de plata por una plancha de acero llena de agujeros, que van disminuyendo en el tamaño, y les dan los artifices el nombre de hileras, se va estendiendo la plata á una longitud increíble, conservando siempre el color de oro, el cual no puede tener sino por conservar en su superficie algunas partículas de este metal. Para que formeis concepto de cuanto se puede adelgazar el oro en la superficie de la plata, sabed que una barra que tuviere cuarenta y cinco marcos de peso se puede dorar con una onza de oro, bien que queda el color muy bajo; pero si la dorasen con seis onzas, quedará siempre el color vivo, y se puede estender esta barra de plata hasta sesenta y ocho leguas de las nuestras de largo, conservando siempre el color de oro, como se ha hecho la experiencia¹.

¹ M. Reaumur, *Mémoires de l'Académie*, p. 201.

EUG. — ¡Cada vez quedo mas admirado! Quién me habia de decir que seis onzas de oro, y aun solo una, habian de poder dorar un hilo de sesenta y ocho leguas, siendo cierto que el oro no dora la plata, sino dejando sus partículas pegadas en la superficie de la plata, y partículas tan menudas y tantas, que no se conoce falta alguna entre ellas.

SILV. — Eugenio, vos os admiráis y yo no; pero es porque no lo creo, y suponiendo que Teodosio no vió ese hilo tan largo, no le hago injuria en no creerle.

TEOD. — Si lo dudais, con muy poco trabajo podeis certificaros de la verdad: id á Lisboa á la fábrica de alguno de los tiradores de hilo de oro, y pesad una octava del hilo de oro mas delgado que en la fábrica se puede tirar; despues de pesado fidelisimamente contad cuántas vueltas da en la rueda en donde la enrollaron, y midiendo bien el largo de una ó dos vueltas, sabreis con exactitud el largo que tendrá toda la octava que pesásteis, y el de los cuarenta y cinco marcos de hilo, si tanto se tirase hasta ese grueso, y se midiese.

SILV. — Ese modo es facil para averiguarse el caso.

TEOD. — Pues usad de él para que os convenzais; pero en caso de que no halleis tanto, siempre hallareis una longitud asombrosa, que es lo que basta. Pero ya que dudais, quiero ajustar la cuenta á vuestra vista con mas individualidad para que os admireis. El hilo de toda esa barra de cuarenta y cinco marcos conforme á las observaciones que hallé

era del largo de noventa y siete leguas de dos mil hexápedas, que me parece corresponden á sesenta y ocho leguas de las nuestras, con poca diferencia, dando á cada legua nuestra tres mil cuatrocientos veinte y ocho pasos geométricos, que corresponden á veinte y cinco mil setecientos ochenta palmos. Este hilo, si lo mandásemos martillar en la fábrica, esto es, hacerlo chapa, no solo crece hácia los lados poniéndose chato, sino, que se alarga una séptima parte; y así tenemos ya no solo sesenta y ocho leguas sino setenta y siete y media; y come la chapa tiene dos caras, las partículas de oro que doran una cara no doran la otra, porque en el medio es plata: si pusiésemos las dos caras doradas á lo largo como una sola, tendríamos ciento cincuenta y cinco leguas de largo de superficie dorada ¿No es esto así?

SILV. — Las cuentas me parecen justas.

TEOD. Reflexionad ahora que en la chapa, como es ancha, podemos distinguir con la vista dos hilos, y dividirla con la consideracion en dos mitades, una que va por el lado derecho y otra por el izquierdo; y así considerando este hilo dorado en un solo largo continuado, tenemos un hilo de trescientas diez leguas de las nuestras, que reducidas á palmos dan 7,994,800, esto es, siete millones novecientos noventa y un mil y ochocientos; y repartiendo los palmos en porciones mas pequeñas, como cada uno tiene 96 líneas geométricas, sacamos que todo aquel largo dorado se puede repartir en 767,242,800, esto es, en 767 millones, 242 mil y 800 líneas geométricas.

EUG. — ¿Cuánto vale una línea geométrica?

TEOD. — Vale la duodécima parte de una pulgada, y corresponde al grueso de una *dobra* de 12800 *reis* poco mas ó menos. Y para dorar un hilo que tenga de largo el grueso de una línea geométrica, bien sabeis que serán precisas á lo menos diez partículas visibles de oro para verse un color de oro continuado, y sin falta que se conozca; y siendo así tenemos que son precisas para dorar todo aquel hilo 7672 cuentos 128 mil partículas visibles de oro; las cuales todas salieron de una onza de oro, que doró toda la barra de cuarenta y cinco marcos de plata; mas cuando esto os parezca mucho, poned las seis onzas con que se acostumbra dorar toda esa cantidad de plata, para que quede bien vivo en todo aquel largo el color del oro.

EUG. — Mi pensamiento no puede absolutamente formar justa idea de la estrema delicadeza del grueso de esa como capa de oro que viste alrededor el hilo de plata; pues estoy bien cierto que á proporcion que crece la estension del oro disminuye su grueso, y que por otra parte no puede la plata estar dorada sin tener una cubierta ó superficie de oro alrededor de sí ¿Qué me decís, Silvio?

SILV. — Que despues de hacer esa esperiencia haré las cuentas. Pero por ahora no os persuadais que yo contradiga á esta doctrina, antes afirmo que puede una partícula de oro irse dividiendo en otras infinitamente mas pequeñas, sin que se pare nunca

* La *dobra* de 12800 *reis* es una moneda que corresponde á nuestro doblon de á ocho poco mas ó menos.

en alguna tan pequeña que no pueda dividirse aun en otras.

TEOD. — Ya que tocamos este punto, quiero, Eugenio, que hagais mayor concepto de la pequenez increíble de las partículas de la materia. En está sala en donde estamos mandé yo poner uno de estos perfumes, que se encienden en una balanza exacta de pesar diamantes, y ví que cuando habia ardido un grano (que es la parte 72 de una octava) ya el olor se percibia en toda la sala: la sala tiene 50 palmos de alto y otros tantos de largo y ancho, que divididos en medias pulgadas hallamos de vacío calculando geoméricamente 440 cuentos, 592 medias pulgadas cúbicas: esto supuesto, en cada uno de estos espacios es forzoso admitir á lo menos 4 ó 5 partículas de humo que exhaló el perfume; porque en cualquier parte siente el olfato la impresion que le hace este olor ó humo insensible; pues en la realidad, como os mostraré á su tiempo, todo el olor, especialmente de los perfumes, es humo insensible, que se esparce por todo el lugar en donde se siente el olor; y menos de 4 ó 5 partículas de perfume no harán impresion sensible en el olfato, que ciertamente ocupará menos de media pulgada cúbica. Tenemos pues que el perfume exhalado que pesaba un grano tiene de partículas sensibles á lo menos 442 cuentos, 288 mil partículas, dando 4 á cada media pulgada.

EUG. — Pasmado estoy totalmente y asombrado, tanto de lo que me decís como de la industria y facilidad con que se examinan cosas que ya imaginaba ser imposibles de averiguar.

TEOD. — Si poneis un grano de almizcle en un cuarto, cuyo aire se renueve muchas veces al dia; este aire estará impregnado por espacio de muchos años, del olor de almizcle, el cual sin embargo al cabo de este tiempo no habrá perdido sensiblemente nada de su peso. Ya sabeis tambien que bastan unas cuantas flores para esparcir un perfume sensible por una grande masa de aire que se renueva sin cesar con su movimiento. Por no enfadaros no proseguiré este punto como pudiera; mas trataré de paso los modos de hacer mas justo concepto de la pequenez de las partículas de materia.

EUG. — No me mortificais con estos discursos, antes recreais increíblemente mi entendimiento.

TEOD. — Con los colores hacemos otro argumento muy sensible. En una azumbre de agua bien limpia echad un grano de carmin ó dos ó los que quisiereis, hasta que quede el color bien visible; pesad toda el agua, y pintad con ella una hoja de papel blanco; volved á pesar el agua para ver cuánto se gastó en pintar la hoja de papel, y saber de este modo cuantas hojas de papel podria teñir aquella agua que resta: conocido esto, dividid con rayas toda la hoja del papel en cuadritos pequeños, y considerad cuántas partículas del polvo encarnado será preciso esten en cada uno de esos cuadritos para hacer el color encarnado continuado, sin descubrirse parte totalmente blanca: por quanto escierto que el polvo encarnado tiñe esparciéndose por el agua, y despues mediante ella quedando entrañado y pegado en el papel: hecho esto multiplicareis el número de partículas encarnadas, que por lo menos se debe dar

en cada cuadrito, por el número de cuadros que tiene la hoja de papel teñida, y despues multiplicad todo ese número por el número de hojas de papel que se pueden teñir con aquella agua, y sacareis una suma asombrosa de muchos millones de millones de partículas, que todas juntas pesaban uno ó dos granos, que es el peso del carmin desleido en el agua.

SILV. — Esa cuenta es bien facil de ajustar, y en verdad que hace formar al entendimiento gran concepto de la pequenez increíble de las partículas de materia, por cuanto cada partícula de carmin ha de constar de otras muchas necesariamente.

TEOD. — Otro argumento que se hace para esto mismo es sacado de los hilos que hilan los gusanos de la seda : sesenta brazas de este hilo puro como se saca de los capullos que forman los gusanos, se ha visto que á veces solo pesan un grano; y advertid que este hilo no es sencillo, porque el gusano cuando lo hila lo forma de dos, que junta con las manos, y luego se pega el uno al otro. Mas admira el hilo de las arañas, porque en sí es compuesto de muchos, como os mostraré tratando de los insectos, y conforme á las observaciones de M. Reaumur podemos creer, que estos hilos antes de juntarlos la araña, comparados con un pelo, tienen mas diferencia de la que tiene un pelo comparado con una caña gruesa.

EUG. — Parece que no se puede concebir cosa tan delgada.

TEOD. — Ved ahora cuán delicadas serán las partes de que se compone ese humor glutinoso y pegajoso de que se forma el tal hilo. En fin el argumento mas

fuerte para persuadirnos á la estrema é imperceptible pequenez de las partículas de la materia es el que se forma con los insectos. Los mas de estos animales tienen sangre, venas, arterias, cerebro, estómago, músculos, corazon, ú otras partes que hagan el oficio de estas; como tambien todas las que son precisas para la vida, nutricion y movimiento: considerad ahora qué pequeñas serán las partes de que se componen las venas de algunos insectos, que ó se perciben mal con la vista, ó no se ven absolutamente sino con microscopios muy especiales. Cierta curioso observaba con un microscopio unos granos de arena, que le parecian del tamaño de nueces, tanto aumentaba las cosas el microscopio de que usaba; entre ellos vió un animal tan pequeño, que visto por el microscopio parecia del tamaño de un grano de arena visto sin él. ¡Tan pequeño era! Decidme ahora cómo serian las partes de que se componia el corazon, los músculos, las fibras, etc. de este animal; tal es preciso que sea su pequenez, que huya aun de nuestra comprension; pues es cierto que el corazon ha de tener muchas fibras, cada fibra muchas partes que sean como carne, y por lo mismo debe cada una de ellas constar de muchas otras.

EUG. — ¿Acaso se engañaria ese hombre?

TEOD. — No es creible, porque de semejantes observaciones hay testigos innumerables. En el vinagre, que estuvo espuesto al aire por algunos dias, se ven con el microscopio muchas culebras pequeñas, las cuales se mueven muy ligeras, y no las vereis si no usareis del microscopio. Acordaos de los animalillos que habeis visto con aquel instru-

mento que es el microscopio en la gota de agua y no dudareis mas de ello. Semejante observacion se hace en otros muchos licores, principalmente estando espuesto al aire; pero de los insectos y de su pequeñez hablaremos algun dia de propósito, pues es materia digna de tratarse con mas individualidad.

EUG. — El poder y sabiduría de Dios igualmente brilla en las cosas grandes que en las pequeñas. ¿Y que decís á todo esto Silvio?

SILV. — Ya he dicho que yo creo en la divisibilidad infinita de la materia.

TEOD. — Con todo los químicos modernos desde el sistema de Dalton creen que la division de la materia se para en cada cuerpo á un término particular que produce moléculas llamadas *átomos*, mas ó menos gruesos y de consiguiente mas ó menos pesados, y estos átomos son por su naturaleza indestructibles y dotados de propiedades inmutables; mas dejemos esto por ahora, y ya que hemos hablado de las propiedades generales de la materia, pasemos á tratar de los cuerpos en general.

§ V.

Trátase de los cuerpos en general y de su division.

TEOD. — Sin movernos de este mismo balcon, donde hasta ahora hemos estado conversando, vos mismo, Eugenio, vais á ver de cuantas clases hay de cuerpos. Allá abajo estais viendo á los labradores

que aran los campos, sus bueyes que los ayudan, las gallinas cluecas y polluelos, que pacen al rededor de las casas; luego los árboles que pueblan esta deliciosa llanura y las plantas que la enverdecen; mas lejos veis las colinas y peñas, de donde saltan cascadas que forman arroyuelos y van á parar á un rio magestuoso, al cual debemos la fertilidad de nuestros campos. De las casas veis salir hácia el cielo columnas de humo, ois el ruido del aire que se mueve, veis los rayos del sol y sentís su calor benéfico. Ahora bien, aunque todos los objetos que estais viendo sean cuerpos por estar formados de materia, vos mismo convendreis en que hay entré ellos diferencias.

EUG. — Ciego seria menester que fuera para no verlo.

TEOD. — Si cogiereis con un esfuerzo de vuestro pensamiento á todos los animales, incluso los hombres que estais viendo, y todas las plantas y árboles, ¿no veriais en ellos muchas cosas comunes, sin hacer mencion de las propiedades generales de la materia? Por poco que lo reflexionaseis lo hallareis: yo voy á deciroslo para no haceros perder tiempo. ¿No es cierto que todos nacen, viven y mueren?

EUG. — Toma, sobrado cierto es.

TEOD. — ¿No es cierto tambien que todos se nutren y crecen mas ó menos, y perecen si les falta lo que los nutre? ¿Y que hacen para nutrirse? unos se meten en la boca el alimento como los animales, y lo espelen despues en forma de escrementos, lo cual prueba que dentro de su cuerpo han trabajado la

mento que es el microscopio en la gota de agua y no dudareis mas de ello. Semejante observacion se hace en otros muchos licores, principalmente estando espuesto al aire; pero de los insectos y de su pequeñez hablaremos algun dia de propósito, pues es materia digna de tratarse con mas individualidad.

EUG. — El poder y sabiduría de Dios igualmente brilla en las cosas grandes que en las pequeñas. ¿Y que decís á todo esto Silvio?

SILV. — Ya he dicho que yo creo en la divisibilidad infinita de la materia.

TEOD. — Con todo los químicos modernos desde el sistema de Dalton creen que la division de la materia se para en cada cuerpo á un término particular que produce moléculas llamadas *átomos*, mas ó menos gruesos y de consiguiente mas ó menos pesados, y estos átomos son por su naturaleza indestructibles y dotados de propiedades inmutables; mas dejemos esto por ahora, y ya que hemos hablado de las propiedades generales de la materia, pasemos á tratar de los cuerpos en general.

§ V.

Trátase de los cuerpos en general y de su division.

TEOD. — Sin movernos de este mismo balcon, donde hasta ahora hemos estado conversando, vos mismo, Eugenio, vais á ver de cuantas clases hay de cuerpos. Allá abajo estais viendo á los labradores

que aran los campos, sus bueyes que los ayudan, las gallinas cluecas y polluelos, que pacen al rededor de las casas; luego los árboles que pueblan esta deliciosa llanura y las plantas que la enverdecen; mas lejos veis las colinas y peñas, de donde saltan cascadas que forman arroyuelos y van á parar á un rio magestuoso, al cual debemos la fertilidad de nuestros campos. De las casas veis salir hácia el cielo columnas de humo, ois el ruido del aire que se mueve, veis los rayos del sol y sentís su calor benéfico. Ahora bien, aunque todos los objetos que estais viendo sean cuerpos por estar formados de materia, vos mismo convendreis en que hay entré ellos diferencias.

EUG. — Ciego seria menester que fuera para no verlo.

TEOD. — Si cogiereis con un esfuerzo de vuestro pensamiento á todos los animales, incluso los hombres que estais viendo, y todas las plantas y árboles, ¿no veriais en ellos muchas cosas comunes, sin hacer mencion de las propiedades generales de la materia? Por poco que lo reflexionaseis lo hallareis: yo voy á deciroslo para no haceros perder tiempo. ¿No es cierto que todos nacen, viven y mueren?

EUG. — Toma, sobrado cierto es.

TEOD. — ¿No es cierto tambien que todos se nutren y crecen mas ó menos, y perecen si les falta lo que los nutre? ¿Y que hacen para nutrirse? unos se meten en la boca el alimento como los animales, y lo espelen despues en forma de escrementos, lo cual prueba que dentro de su cuerpo han trabajado la

comida para alimentarse, y los otros como las plantas y árboles chupan de la tierra el agua y el estiércol que les da el labrador para que crezcan y le gratifiquen sus cuidados con sus sabrosos frutos. A mas de estos ¿una parte de cada uno de dichos cuerpos es lo mismo que el cuerpo entero? Seguramente que no responderéis por la afirmativa. Por otra parte ¿no veis peñascos, casas, puentes, tierras, que no nacen de ningun huevo ni semilla; sino que se forman, añadiendo piedra sobre piedra, ó capa de tierra, sobre otra capa; que no comen ni beben, ni viven, en una palabra, no hacen lo que acabamos de decir de los primeros? ¿No es una parte, hasta la mas pequeña, igual en naturaleza al todo?

EUG.—En efecto, y ya veo por lo menos dos clases de cuerpos bien diferentes.

TEOD.—Puesto que los unos nacen, se nutren, crecen, y que se llama á esto vivir, y los otros no hacen nada de esto, ¿no podriamos dividirlos en unos que *viven*, y en otros que existen?

EUG.—Me parece que sí.

TEOD.—Con todo démosles otros nombres de division que espresarán lo mismo. ¿Para nacer y nutrirse, no se necesita que haya dentro de estos cuerpos alguna máquina que se apodere del material nutritivo y lo trabaje, estrayéndole lo que tiene de bueno que conservan, y rechazando lo que tiene de malo que arrojan, por via de excrementos?

EUG.—Parece indispensable, pues si yo veo que entran en una casa algodón, ó hilo en rama, y sacan de ella piezas tejidas; por fuerza habré de decir que hay dentro máquinas que tejen el algodón y el hilo.

TEOD.—Pues ya que tienen estas máquinas que llamaremos órganos, les daremos el nombre de cuerpos *organizados*, y como los otros no tienen nada de esto, no tienen ninguna máquina, los llamaremos no *organizados*. Vamos mas adelante y ocupémonos en los no organizados, pues ellos forman el objeto de nuestras conferencias actuales. Miraos aquel puente, el agua que pasa por debajo y aquel humo que sale de la cabaña vecina. Si dais contra el puente con vuestro puño, no os agrada continuar esta tarea; si dais contra el agua, la hareis saltar y moverse; si dais contra el humo, no sentireis nada en la mano aunque el humo se mueva. ¿Direis que estos tres cuerpos son de una misma clase?

EUG.—Claro está que no: el uno es duro, el otro es blando, y el otro no sé como decirlo, es humo, pero al fin es diferente.

TEOD.—Los físicos no les dan estos nombres, y antes de decirlos quiero haceros comprender porque el puente resiste, porque el agua cede saltando y desuniéndose, porque en fin el humo hace esto mismo en sumo grado. Ya llevamos dicho que un cuerpo está formado de materia, y que la materia es un agregado de particulas unidas unas á las otras mas ó menos íntimamente. Bajo esta idea suponed que teneis un celemin de bolitas de hierro, y que las unís una á otra fuertemente con alambres; con esto formareis un cuerpo constituido por dichas bolitas que será duro, que resistirá á la accion de la mano, á menos que esta accion sea superior á la fuerza de los alambres. Si en vez de alambres empleaseis hilos delgados como los con que se teje, el cuerpo

ya no resistirá tanto; y así como podriais sostener el primero, no asiendo mas que una bolita, el segundo se os caerá si no las sosteneis todas á la vez; si quereis formar un cuerpo con las mismas bolitas, sin mas lazo que una ligera hebra de algodon cardado, ó sin ningun lazo, no lo habreis de lograr; cada bolita echará á correr por su lado á la menor fuerza, y no las reunireis si no las conteneis dentro del celemin ú otra cosa análoga. ¿Os habeis formado una idea clara de estos tres ejemplos?

ERG. — Me parece que sí.

TEOD. — Pues suponed que las partículas de las piedras que forman el puente estan unidas entre sí por una fuerza que representa la de los alambres que retienen las bolitas unas al lado de otras; que las del agua lo estan por una fuerza representada por los hilos de tegeador, y que la que une las del humo es como la que une las bolitas del último ejemplo. Los cuerpos que tienen unidas las moléculas, como las bolitas del primer ejemplo, se llaman *sólidos*; como las del segundo *líquidos*, como las del tercero *gases ó cuerpos aeriformes*. Pero la fuerza con que estan unidas las partículas de los cuerpos no es la misma ni aun en cada categoría; pues hay sólidos que son mas densos que otros, como el hierro lo es mas que el palo, el palo mas que la estopa; hay líquidos que lo son mas que otros, por ejemplo el agua lo es mas que el aceite, el aceite mas que el espíritu de vino refinado, y hay finalmente gases que lo son mas que otros, pero no os los cito porque llevan nombres estrambóticos que no conoceis. El hierro y la cera son sólidos, porque

cogiendo un pedazo por un cabo, sigue todo el pedazo el movimiento que le dais; sus moléculas estan fuertemente pegadas las unas á las otras, y no se abandonan sino bajo el influjo de una fuerza superior y contraria á la con que se unen. Pero como todos los sólidos no siguen del mismo modo la misma direccion que les dais, tirando de un solo punto; sea ejemplo de ello la cera, si cogeis un pedazo grande por una punta, la pasta, la liga, etc.; y presentan diferentes grados de solidez, se ha hecho forzoso llamarlos duros, quebradizos, blandos, pastosos, etc. No me preguntéis la causa de esta estrecha union de las partículas de los sólidos ni de su gradacion, porque no es este el lugar oportuno de hablaros de ello; consteos el hecho, ya veremos en otra parte su causa. Otro tanto pudiéramos decir de los líquidos llamados tambien algunas veces *fluidos*, bien que esta última espresion es mas general y comprende á la vez los líquidos y los gases. Todos los líquidos poseen la facultad de que sus moléculas resbalen y rueden las unas sobre las otras, al menor impulso que se les dé; hacen hasta cierto punto lo que los perdigones, ó la arena, cuando los removeis con la mano; con todo este movimiento de cada molécula del líquido está limitado á cierta distancia, mas allá de la cual no puede pasar retenida aun por la fuerza de que os dan una idea los hilos de tegeador bastante largos para permitir á las bolitas de hierro que se muevan unas sobre otras, pero bastante fuertes para reunir las en un grupo que forma el líquido. Como en los sólidos, esta fuerza es susceptible de variacion y graduacion. Mas de

cien veces sin duda habeis visto las olas de la mar, las de un rio ó de un estanque agitado por el viento : las aguas se movian rodando las unas sobre las otras, y con todo siempre quedaba el mismo líquido en masa : estos hechos os prueban que no podeis dudar de esta especie de movimiento : ahora voy á hacer os un experimento que os demostrará que á pesar de ser movibles las moléculas de los líquidos se unen entre sí. ¿ Veis esto que parece plomo derretido? pues es el metal llamado azogue ó mercurio en su estado ordinario : ya veis como se menea cual si fuese agua : tomad una gota, partidla, y hallareis resistencia.

EUG. — En efecto, y puesto que resiste algo, debe de haber entre sus moléculas una fuerza que las une, aunque menor que la que une la de los sólidos.

TEOD. — Mas directamente lo vais á ver ahora : estas dos gotas que habeis separado y ruedan por este marmol como dos perdigones, yo las aproximo.

EUG. — Hetelas otra vez unida desde que se han tocado y no forman mas que una.

TEOD. — Probemos lo mismo con el agua, ahí tengo esta balanza, uno de cuyos platos, como veis, es de vidrio y plano : notais que está en equilibrio con los pesos que hay en el otro plato : pongamos el plato de vidrio en la superficie del agua de esta cubeta ; ahora toco el plato opuesto para hacer perder el equilibrio de la balanza, y con todo el plato de vidrio no se levanta.

EUG. — Esto es raro ; como si el agua fuese una cola que se hubiese pegado al plato.

TEOD. — Voy á poner mas pesos en el plato de cobre : ya se ha levantado : pero tocad la parte inferior del vidrio y la vereis mojada.

EUG. — Claro está que la he de hallar mojada, si ha tocado el agua.

TEOD. — ¿ Pero por que lo está? Esta agua se unió fuertemente al vidrio, desde que se pusieron en contacto, y como las moléculas unidas al vidrio lo estaban tambien á las demas moléculas de agua, ha sido necesario para que dejasen levantar el plato un peso bien fuerte en el otro plato de la balanza, que venciese su fuerza de union ; y como la union del agua con el vidrio es mas fuerte que la del agua con ella misma, el agua ha cedido, y el vidrio se ha levantado mojado. Ha sucedido lo mismo que si hubieseis enganchado el plato de vidrio en un lazo de una cinta que no llegase á romper el peso del otro plato, y por lo tanto el de vidrio se estaria quieto ; pero, al añadir mas peso, la cinta se rompería por su parte mas debil, y el plato se levantaria llevándose el lazo consigo.

EUG. — Ingenioso es vuestro modo de esplicar este hecho, y si mal no deduzco podré decir que la fuerza con que se unia al resto del agua esta capa pegada al vidrio, equivale al peso que habeis añadido al otro plato de la balanza.

TEOD. — Razonais muy bien, y ya veo que no desperdiciáis la leccion. La figura de los líquidos los distingue tambien de los sólidos ; pues casi nunca depende de ellos la que toman ; siempre es regularmente la del lugar en que estan contenidos. Mas, cuando una masa de moléculas líquida está, como

quien dice, abandonada á sí misma, toma la forma redonda como una bola. Ya habeis visto como lo hacen las gotas del azogue. El agua hace lo propio : miraos las gotas que caen lentamente de un canal, y las vereis redondas ; y si habeis hecho perdigones derritiendo el plomo, no os quedará duda sobre el particular, pues el plomo derretido es un líquido que corre como el agua, y de sus gotas redondas resultan los perdigones. La facilidad con que las moléculas de un líquido ruedan las unas sobre las otras, hace que cuelen, que corran, que se empapen de ellos los cuerpos porosos por donde se meten mas ó menos fácilmente. Hay quien dice que sus partículas son redondas ; mas lo cierto es que cuando un líquido llega á helarse y vuelve sólido, como el agua, sus moléculas se presentan angulosas. Hablemos finalmente de los gases. El humo que sale de aquella chimenea se esparce por el aire, y vos no veis donde se limita su volumen, pues á medida que sube se esparce mas y mas y al fin desaparece. Hace esto un sólido como la piedra, el palo, el hierro, el corcho, etc., lo hace un líquido, como el agua, el aceite, el vinagre, etc. Pues si el humo no es sólido, ni líquido, ¿ qué ha de ser sino ó gaseoso ó imponderable, puesto que solo nos restan estas dos clases de cuerpos : mas si todo el humo que sale de aquel horno de cal que distinguís allá bajo se introdujese en una tina, habeis de saber que la tina pesaría mas ; luego hemos de decir que el humo es gaseoso. Lo que le caracteriza, pues, igualmente que á todos los cuerpos de su categoría, es que no pueden limitar su volumen si-

no las paredes del lugar en que esté contenido. De suerte que todo *gas* tiende siempre á dilatarse : si tomáis uno y lo meteis en una redoma, llena toda la redoma ; si lo haceis pasar á una campana grande de vidrio, llena toda esta campana ; si sale de ella, se esparce por todo el cuarto ; si abris la ventana se esparce por el aire. Un olor cualquiera es un *gaz*, y mil veces habeis visto ú observado que es esto lo que hace. Ya concebís pues que la fuerza de union de las moléculas de los gases ha de ser po- quisima, puesto que basta dejarlos libres para que se separen de mas á mas. Y hasta se ha de decir que hay entre ellas una fuerza contraria que las hace separar, que aprieta las paredes de los vasos en que estan contenidos, y las rompe para abrirse paso, cuando la fuerza con que estan unidos los sólidos que los contienen es menor que la fuerza que tiende á dilatar los gases contenidos ; de suerte que en vez de hacer esfuerzos para separar sus moléculas como en los sólidos, los hemos de practicar para que no se separen. Pero hay dos especies de estos cuerpos que es preciso distinguir. Unos que, por mas que hagais, siempre son gases, otros que pueden pasar á líquidos y sólidos por medio de ciertas operaciones, ó bajo el influjo de ciertas circunstancias. El aire es un gas, y hasta ahora nadie ha podido hacerle perder su estado de tal ; y por eso se dice *gas permanente* ; el agua es líquida, y si la calentais se evapora y desaparece en forma de humo ; este humo es un *gaz* ; pero como debe su existencia á ciertas circunstancias, en cesando las cuales volverá á ser líquida, no se llama gas, sino

vapor. No nos quedan pues mas que los cuerpos *imponderables*, de los cuales solo os diré aquí que convienen los fisicos en llamar los cuerpos, porque de esta suerte se esplican con mas facilidad un sin número de hechos que no pueden esplicarse tan satisfactoriamente de otro modo. Y como pienso entreteneros por estenso de los tres cuerpos imponderables á su debido lugar, no os digo mas ahora en que solo os estoy dando ideas generales ó aplicables á los tratados en particular sucesivos.



§ VI.

Trátase de lo que se entiende por fuerza, y de las fuerzas en general.

TEOD. — Hasta ahora, Eugenio, os he ocupado en las generalidades de la materia, considerándola en reposo; mas esta materia experimenta incesantemente y á nuestra vista diferentes mudanzas en su modo de existir; y como hemos dicho que por sí misma no puede mudar de estado, sino que necesita una fuerza que la haga mudar, pasemos á tratar de lo que se entiende por fuerza y de las fuerzas en general. Todas las mudanzas que sufren los cuerpos se reducen en último resultado á un movimiento, esto es á un paso de las partículas de un lugar á otro, y estas mudanzas se llaman *fenómenos*, las fuerzas que los producen son sus causas. Os

formareis fácilmente una idea clara de lo que es una fuerza, examinándoos á vos mismo, y observando el ejercicio de vuestras facultades. Si levantais esta silla, la tirais al campo, ó la rompeis con el solo esfuerzo de vuestros brazos, está claro que desplegais una facultad que os es natural y que es propia para determinar movimientos en los demas cuerpos. ¿Y qué es esta facultad sino vuestra fuerza? Ella ha causado mudanzas en la silla, la cual se hubiese estado quieta eternamente á no haber nada que obrase sobre ella, y por la misma razon que vos sentís vuestra fuerza empleada para mover un cuerpo, siempre que veis cuerpos en movimiento debéis suponer que hay fuerzas ó al menos una fuerza que los promueve. Si para levantar una silla haceis un esfuerzo, cuando veis que yo levanto otra, debéis suponer que yo tambien empleo mi fuerza para conseguirlo. Si á pesar de mi esfuerzo viereis que la silla no se mueve, no podriais fermaros una idea de la fuerza, porque faltan sus efectos por los cuales la conocemos, esto es, falta el movimiento que es su resultado.

EUG. — Os confieso que me habeis dado una guia excelente para figurarme lo que es una fuerza, ya me parece ver en la piedra que cae una mano que la tira; en la bola que corre, una mano que la hace correr; en el agua que baja de las montañas, muchas manos que la hacen bajar, y en el péndulo de aquel reloj de pared una á cada lado que se lo envian recíprocamente como la pelota dos niños.

TEOD. — Con tal que no os figureis que haya manos invisibles que tiren, como ideó unos ganchos

vapor. No nos quedan pues mas que los cuerpos *imponderables*, de los cuales solo os diré aquí que convienen los físicos en llamar los cuerpos, porque de esta suerte se esplican con mas facilidad un sin número de hechos que no pueden esplicarse tan satisfactoriamente de otro modo. Y como pienso entreteneros por estenso de los tres cuerpos imponderables á su debido lugar, no os digo mas ahora en que solo os estoy dando ideas generales ó aplicables á los tratados en particular sucesivos.



§ VI.

Trátase de lo que se entiende por fuerza, y de las fuerzas en general.

TEOD. — Hasta ahora, Eugenio, os he ocupado en las generalidades de la materia, considerándola en reposo; mas esta materia experimenta incesantemente y á nuestra vista diferentes mudanzas en su modo de existir; y como hemos dicho que por sí misma no puede mudar de estado, sino que necesita una fuerza que la haga mudar, pasemos á tratar de lo que se entiende por fuerza y de las fuerzas en general. Todas las mudanzas que sufren los cuerpos se reducen en último resultado á un movimiento, esto es á un paso de las partículas de un lugar á otro, y estas mudanzas se llaman *fenómenos*, las fuerzas que los producen son sus causas. Os

formareis fácilmente una idea clara de lo que es una fuerza, examinándoos á vos mismo, y observando el ejercicio de vuestras facultades. Si levantais esta silla, la tirais al campo, ó la rompeis con el solo esfuerzo de vuestros brazos, está claro que desplegais una facultad que os es natural y que es propia para determinar movimientos en los demas cuerpos. ¿Y qué es esta facultad sino vuestra fuerza? Ella ha causado mudanzas en la silla, la cual se hubiese estado quieta eternamente á no haber nada que obrase sobre ella, y por la misma razon que vos sentís vuestra fuerza empleada para mover un cuerpo, siempre que veis cuerpos en movimiento debeis suponer que hay fuerzas ó al menos una fuerza que los promueve. Si para levantar una silla haceis un esfuerzo, cuando veis que yo levanto otra, debeis suponer que yo tambien empleo mi fuerza para conseguirlo. Si á pesar de mi esfuerzo viereis que la silla no se mueve, no podriais fermaros una idea de la fuerza, porque faltan sus efectos por los cuales la conocemos, esto es, falta el movimiento que es su resultado.

EUG. — Os confieso que me habeis dado una guia excelente para figurarme lo que es una fuerza, ya me parece ver en la piedra que cae una mano que la tira; en la bola que corre, una mano que la hace correr; en el agua que baja de las montañas, muchas manos que la hacen bajar, y en el péndulo de aquel reloj de pared una á cada lado que se lo envian recíprocamente como la pelota dos niños.

TEOD. — Con tal que no os figureis que haya manos invisibles que tiren, como ideó unos ganchos

cierto filósofo, no me habeis comprendido mal. En efecto vos sabeis que la piedra, la bola, el agua y el péndulo son cuerpos, materia, y por lo mismo incapaces de darse movimiento y de pararse por sí mismos desde luego de movidos: ya que se mueven pues, y se paran á veces, ha de haber fuerzas que produzcan estos movimientos. Los físicos no han podido llegar á penetrar la íntima naturaleza de estas fuerzas; pero suponen la existencia de cierto número, porque así se dan razon de una infinidad de fenómenos, y con tal que conozcamos sus leyes, poco nos importa saber en que consisten las tales fuerzas. Estas no son todas iguales, las hay que obran sin cesar y en todas partes sobre la materia. En cualquier punto del globo y en cualquier circunstancia que echeis al aire una piedra, siempre se cae al suelo, despues de haber llegado á una altura proporcionada á la fuerza que la lanzó, y á la resistencia que encuentra en su curso. Sobre obrar incesantemente, tienen estas fuerzas una intensidad constante, cuando las circunstancias no varian, y cuanto mayor es la masa de materia sobre que obran, tanto mas intensas son estas fuerzas; lo contrario sucede cuanto mayor es la distancia de estas masas. Hay otra clase que no obran siempre, que necesitan ciertas circunstancias, y está á nuestro alcance producirlas, modificarlas ó destruirlas. Por ejemplo á aquella máquina eléctrica de donde he hecho salir una chispa que os ha causado una conmocion, si yo quiero la tocaredis sin que salga ninguna chispa. En el estado en que os hallais os puedo tocar de arriba abajo, y no saldrá de vos ninguna

centella; pero si os coloco encima del taburete que está junto á la máquina, y haciéndoos tocar la cadena que cuelga de ella, os cargo de electricidad, sacaré chispas de fuego eléctrico de vuestra nariz, orejas y demas partes donde arrimare un instrumento de metal á propósito para este efecto. Hay en fin otra clase de fuerzas naturales que podriamos llamar *vitales* ú *orgánicas*, porque solo se hallan en los cuerpos vivos. Estas fuerzas, á cuyo influjo se mueven los animales, y nacen, se nutren y crecen estos y las plantas, no duran siempre, no presentan ninguna proporcion con las masas, son variables; ahora obran, ahora no, y ningun hombre es capaz de producirlas artificialmente. En vista de este ligero bosquejo que os acabo de dar de las fuerzas naturales, comprendeis cuan justa es su division, puesto que son tan diversas sus condiciones respectivas.

SILV. — Si ya dais por concluido su número me permitiredis deciros que andais equivocado, pues dejais de hablar de la fuerza de *inercia*, y no habeis hecho la justa division de fuerzas *vivas* y *muer-tas*.

TEOD. — ¿Qué entendedis por fuerza muerta y fuerza viva?

SILV. — Por fuerza muerta entiendo la que obrando sobre una masa no produce movimiento alguno: por ejemplo; si yo doy un empujon á esta pared, la fuerza que hago no produce ningun efecto; por lo tanto es *muerta*. Lo contrario se entiende en la fuerza viva. Y á fin de ahorraros otra pregunta entiendo por fuerza de *inercia* la resistencia que todo

cuerpo opone á un paso del reposo al movimiento y vice versa.

EUG. — Con estas definiciones, me parece justa la observacion de Silvio.

TEOD. — Seríalo á la verdad, si lo que espresan las tales definiciones fuese cierto: mas sabed, y lo veremos luego, que toda fuerza produce su efecto, y por lo mismo todas son vivas, bajo este sentido, en cuanto á la fuerza de inercia ó de resistencia, aunque tambien veremos á su lugar esplicados por la consideracion de las masas, todos los fenómenos que la simulan, os diré aquí, que en efecto parece, cuando uno va á mover un carro, por ejemplo, que este carro ejerce una fuerza con la cual resiste á la nuestra. Mas si bien examináis los diferentes casos en que esta fuerza de resistencia se presenta, vereis que se reducen á dos; á saber la existencia de una fuerza contraria, que obra sobre la materia, y que de consiguiente ya no puede ser fuerza de inercia, y la influencia de la masa. Un ejemplo os lo aclarará. Yo quiero levantar un tonel lleno de agua y no puedo conseguirlo con la sola fuerza de mis brazos; me contento con hacerlo rodar por el suelo, y poca fuerza me basta para conseguirlo. ¿Por que me opone el tonel mas resistencia, cuando quiero moverlo, levantándolo del suelo, que cuando quiero moverlo haciéndole rodar por él? Porque en el primer caso hay una fuerza que lo tira hácia abajo, hácia el suelo, que es la misma que hace caer todo lo que no está sostenido, y además hay la masa de materia del tonel y el agua que contiene. Para levantar el tonel, debo vencer la fuerza

contraria que lo tira al suelo, y el esfuerzo que empleo para lograrlo se divide entre la masa de mi mano, y la masa del tonel, lo cual os demostraré dentro de poco, y por lo tanto ya veis que no hay ninguna fuerza de resistencia, ó inercia dependiente de la materia. Cuando hago rodar el tonel, la fuerza que lo tira hácia abajo, no me opone tanta resistencia, porque no está directamente contrariada; pues siempre descansa el tonel sobre el suelo, y entonces solo tengo que vencer una dificultad que es la division de mi fuerza entre la masa de mi mano y brazo y la del tonel con su agua, y la aparente resistencia que todavía hallo, depende de que mi propia fuerza no puede mover estas dos masas reunidas, mano y tonel, tan de prisa y fácilmente como la mano sola. Basten estos ejemplos para haceros ver que las tales fuerzas no lo son: con todo tanto en mecánica como vulgarmente se dice *resistencia* la fuerza que uno se propone ó tiene que vencer.

SILV. — Mucho pudiera deciros todavía, mas no robemos el tiempo á Eugenio, proseguid.

TEOD. — Cualquiera que sea la fuerza que se examine hay que considerar en ella tres cosas, su intensidad, su direccion, y el tiempo durante el cual está obrando. La intensidad de una fuerza se mide por la cantidad de movimiento que pueda producir, y es el objeto de una medida de este movimiento. Voy á deciros qué debéis entender por *intensidad de fuerza y cantidad de movimiento*, á fin de que tengais ideas claras sobre este punto interesante, base de toda la mecánica. Una fuerza puede ser mayor ó menor; dos hombres tienen mas fuerza que uno,

en iguales circunstancias ; cuatro caballos mas que dos hombres. La fuerza de dos hombres es mas intensa que la de uno ; la de cuatro caballos lo es mas que la de dos hombres. Pues, cuanto mayor es la energía con que una fuerza obra tanto mayor es su intensidad. Vamos á la cantidad de movimiento. Yo tiro de la cuerda atada en este peso que marca una arroba, y no empleo mas fuerza que la necesaria para hacerla pasar de un cabo al otro de esta sala en un minuto : como el peso de esta arroba es el resultado de la fuerza que la tira al suelo, yo, que venzo esta fuerza, empleo una de una arroba. El espacio que le hago correr en un minuto, se llama *velocidad*. Os he supuesto un minuto porque para valuar la velocidad de un cuerpo se ha de adoptar una medida comparativa ó una unidad de tiempo. Esto supuesto, este peso que corre el espacio de esta sala, unos veinte pasos, en un minuto, tiene menos velocidad que si recorriese el mismo trayecto en un segundo, y mas que si gastase en hacerlo cinco minutos. Cuando este peso se ha movido, cada una de sus moléculas se ha movido con la misma velocidad ; ha hecho como un batallon que marcha á paso redoblado ú otro paso, marchando cada soldado al mismo paso, y recorriendo el mismo espacio, en el mismo tiempo : es decir que cada una ha corrido veinte pasos en un minuto, impelida por la fuerza que he empleado para el efecto ; la cual no ha podido ejercerse sobre una partícula sola, sino sobre toda la masa entera ; y puesto que cada partícula ha corrido con igual velocidad en el mismo tiempo, es menester que se hayan repartido en el efec-

to de la fuerza que las ha hecho mudar de sitio. Suponed que hay en el peso cien millones de partículas, y como tengo empleada una fuerza de una arroba, cada partícula ha sido impelida por una cien millonésima parte de la fuerza de una arroba, y esta cien millonésima parte ha hecho correr el espacio de la sala en un minuto á cada molécula : el resultado de esta porcion de fuerza es el movimiento de la molécula, la cantidad de este movimiento, y si reunís todas las cantidades de movimiento de los cien millones de moléculas, tendreis la cantidad total del movimiento del peso que equivaldrá al resultado de mi fuerza de una arroba. Si en vez de una fuerza de una arroba empleo fuerza como dos, haré correr el peso doce pasos en medio minuto, ó veinte y cuatro pasos en un minuto, si me vuelvo al punto de donde he partido, y en este caso habrá doble cantidad de movimiento, pues hay doble velocidad, y podeis ya tener por sentado desde ahora que *cuan- to mayor es la velocidad de un cuerpo, tanto mayor es la cantidad de su movimiento*. Ademas de la velocidad tambien hemos de atender al peso del cuerpo que se mueve, para saber cuánto es su movimiento ; porque hé allí van dos hombres emparejados, uno va cargado y otro no ; pero aunque uno no camina mas de priesa que el otro, con todo, el que va cargado tiene mayor cantidad de movimiento.

SILV. — ¿Y estableceis eso como principio cierto? Pues para mí no hay cosa mas dudosa : si uno no anda mas á priesa que el otro, ¿ cómo tiene mayor movimiento?

TEOD. — Decidme, Silvio, ¿no es necesaria mayor fuerza en aquel hombre para caminar una legua, v. g., en una hora yendo cargado, que en el otro que solo se lleva á sí? No lo podeis dudar, pues esta mayor fuerza toda se ocupa en causar mayor movimiento. Por lo cual si para el movimiento de este hombre es necesaria mayor fuerza que para el movimiento de aquel, señal es que este tiene mayor movimiento que el otro; porque efecto que pide causa es mayor efecto.

SILV. — Si esas doctrinas se dirigiesen á mí solamente aun tenia que replicar; pero esto, Eugenio, no es para mí, es para vos, averiguadlo allá como pudiéreis.

EUG. — Aun no entiendo yo bien como dos hombres pueden caminar igualmente, y uno tener mas cantidad de movimiento que el otro.

TEOD. — Explicaréme mejor. Si arrojaseis una bola de plomo que pesase tres libras, y yo arrojase tres bolillas cada una de una libra, si todas se moviesen con igual velocidad, ¿en donde os parece que habria mas movimiento, en la bola grande ó en las pequeñas?

EUG. — Creo que tanto movimiento habria en la bola grande como en las tres pequeñas.

SILV. — Decis bien, porque todas iban con igual velocidad; y ademas de eso, como la grande tenia tanto peso como las pequeñas, tanto importaba moverse tres libras juntas como tres libras separadas; siempre eran tres libras de plomo que corrian aquel espacio en aquel tiempo; y así creo que tanto movimiento habria en una como en otra parte.

TEOD. — Discurrís, Silvio, muy bien; pero dejadme explicar aun por otro modo. Supuesto lo que queda dicho, tantas partículas de materia hay en la bola grande como en las tres pequeñas; como la velocidad es igual en todas las bolas se sigue que juntando nosotros la suma de los movimientos que hay en todas las partículas de la bola grande, y la suma de los movimientos que hay en todas las partículas de las tres bolas pequeñas, hallaremos que tanta cantidad de movimiento hay en la grande como en las pequeñas.

SILV. — Así es: no hay duda en eso.

TEOD. — Luego si las tres bolas pequeñas tienen tanta cantidad de movimiento como la grande, se sigue que cada una de las tres tiene la tercera parte del movimiento que tiene la grande; y la razon es porque la grande tiene tres veces mas partículas que se mueven con igual velocidad, y por consiguiente tres veces mas movimientos, ó movimiento tres veces mayor.

EUG. — No se puede negar.

TEOD. — Luego tenemos que cuando dos cuerpos se mueven con igual velocidad, el que tuviere mayor masa tiene mayor movimiento, y á proporcion de la masa que tuviere crecerá el movimiento, si acaso la velocidad fuere la misma, como suponemos; porque á proporcion de la masa crece el número de las partículas de la materia que se mueven; y creciendo el número de las partículas que se mueven crece la cantidad del movimiento, así como creciendo el número de las partículas de materia que pesan crece

el peso, y creciendo el número de las partículas de materia que resisten crece la resistencia, etc.

EUG. — Lo he entendido perfectamente.

TEOD. — Pues de aquí nace que mayor fuerza es precisa para mover una bola de plomo con velocidad igual á la de una bola de palo.

EUG. — Así es; porque si la de plomo se moviese con igual velocidad, como tiene mayor cantidad de materia, tiene mayor cantidad de movimiento.

TEOD. — Por tanto, cuando quisierais medir la cantidad del movimiento de cualquier cosa habeis de atender, no solo á la velocidad con que corre, sino tambien al peso que tiene. El modo de conocer el peso es facil, y tambien lo es el modo de medir la velocidad, que viene á ser medir el espacio que corre el cuerpo que se mueve en tiempo determinado; por ejemplo: tiro yo una bola de palo por el juego arriba, de suerte que corre todo el juego en un minuto: en midiendo el juego tengo conocida la velocidad. Supongamos que el juego tiene veinte varas; infero de aquí que la velocidad de la bola es como veinte, ó tiene veinte grados de velocidad.

EUG. — ¿Y por que he de contar lo largo del juego por varas y no por palmos, v. g.? porque si le midiere por palmos ya salen muchos mas grados de velocidad.

TEOD. — En eso no hay misterio; bien sea que tomeis la medida del juego por varas, ó bien por palmos, siempre viene á salir lo mismo; porque si lo midiereis á palmos, tendrá v. g. ochenta palmos, y entonces direis que tiene la bola ochenta grados de velocidad; y tanto valen veinte grados de velo-

cidad, tales que cada uno valga una vara, como ochenta, que cada uno de ellos solo valga un palmo: con que hágase la cuenta de un modo ó de otro, la velocidad siempre ha de ser la misma. Me entendereis por este ejemplo: quiero saber los caudales de un hombre, tanto importa hacer la cuenta por doblones como por ducados ó por maravedises; porque aunque salgan números muy diferentes, siempre es el mismo caudal. Así tambien si contaseis la velocidad de la bola por los palmos del espacio que corre, saldrá mayor número que si la contaseis por varas; pero siempre es la misma velocidad: lo mismo digo del peso; podeis hacer la cuenta por arrobas, ó por libras ó por onzas, y por este número regular los grados de movimiento; porque veinte y cinco grados de movimiento contado por libras, vale lo mismo que un grado de movimiento contado por arrobas.

EUG. — No os canseis, que bien lo entiendo.

TEOD. — Vamos ahora al modo práctico de contar los grados de movimiento que hay en cada cuerpo que se mueve. En el caso en que yo arrojé la bola, para saber cuanto movimiento tuvo, he de ver el espacio del terreno que corrió: supongamos que son veinte varas; diré que tuvo velocidad como veinte ó veinte grados de velocidad: despues he de ver cuanto pesa: supongamos que pesa dos libras; he de decir que tiene dos grados de peso, ó que tiene masa como dos (este es el modo de hablar de los matemáticos): ahora multiplico los grados de la velocidad por los grados del peso ó masa, y digo: dos veces veinte son cuarenta, y saco que son

cuarenta los grados de movimiento que tuvo la bola. Para ver si me entendeis, suponed ahora que Silvio arroja una bola de hierro, que dentro de un minuto corre cinco varas, y que pesa veinte libras; decidme, ¿cuantos grados tiene de movimiento?

ERG. — Primeramente he de medir la velocidad, midiendo el espacio que corrió la bola; si anduvo cinco varas ya tenemos velocidad como cinco ó cinco grados de velocidad; por otra parte tenemos veinte libras de peso ó como vos decís de masa; ahora supongo que he de multiplicar un número por otro; cinco veces veinte son ciento; luego tenemos averiguado que son ciento los grados de movimiento. ¿Acerté en la cuenta, Teodosio, ó me equivoqué en ella?

TEOD. — Acertasteis, y quedad persuadido que esta materia no tiene mas dificultad que la de saber contar bien. Ahora ya podeis apreciar lo que son las pretendidas fuerzas muertas y la fuerza de inercia de Silvio. Si la fuerza de un hombre se emplea para mover una peña fija en la montaña, es evidente que, siendo la masa de molécula infinita, la velocidad ó el movimiento impreso en la peña por la fuerza del hombre ha de ser pequenísimo é insensible, puesto que esta fuerza se ha tenido que repartir en aquella masa infinita de moléculas, y ninguna se ha movido por ser incapaz de hacerlas mudar de puesto la infinitesima parte de fuerza que le ha llegado. La peña se quedará en reposo, pero la fuerza, por esto, no ha dejado de ser viva como lo es en cualquiera otro caso: la prueba está, en que si esta peña hubiese estado en equilibrio como un

bajel en el mar, prolongando su accion el hombre hubiese acabado por producir un movimiento sensible. Iguales consideraciones espican la supuesta fuerza de la inercia. Suponed que la mano que hace rodar el tonel representa una masa como uno, y que es movida por vuestra voluntad representando una fuerza que pueda imprimirle una velocidad como 100: si aplicais vuestra mano al tonel que representa una masa como 99, la masa total que se ha de mover es ciento; la velocidad pues será uno; porque las cien partes de masa se han repartido en los cien grados de velocidad, y cada parte tiene un grado; con lo cual se demuestra claramente que no es una resistencia de parte del cuerpo, ó una fuerza de inercia la que causa este retardo, sino el reparto de la fuerza de impulsión por entre todas las partes de la masa. ¿Os queda alguna duda sobre este asunto?

ERG. — Estoy completamente convencido, y si no hay mas que decir sobre la intensidad de la fuerza ya podeis pasar á otro punto.

TEOD. — Aun quiero deciros algo de la accion y reaccion, porque esto es sumamente util para comprender las leyes de la mecánica. Cuando una fuerza obra sobre un cuerpo hay accion; este cuerpo estaba en reposo obedeciendo á una fuerza que le tenia en tal estado; para sacarle de este estado ha sido necesario vencer con una accion la accion de esta fuerza contraria á la del movimiento: la accion de esta fuerza contraria es la reaccion. Os voy á citar una porcion de ejemplos para probaros que no hay *accion sin reaccion*. Cuando un peso está pendiente de una cuerda atada á un clavo, sabemos que el

peso tiene su accion en tirar de la cuerda hácia abajo; pero el clavo hace la reaccion deteniendo la cuerda para que no baje.

Un caballo que tira de una carroza hace la *accion* para llevar el peso; pero el peso hace reaccion, resistiendo al caballo, cansándole y destruyéndole las fuerzas.

Un barquero que estando en su barco le quiere apartar de la playa, y hace con su vara fuerza contra la tierra, tiene su accion; pero la tierra que resiste y no cede hace la reaccion contra el barquero. De suerte que si la tierra no resistiera no haria efecto alguno la accion del barquero.

Cuando un hombre da con la mano un grande golpe en la pared, esta le ofende y le molesta en la mano, y en este caso la accion es de parte del hombre, y la reaccion de parte de la pared.

Cuando el martillo bate en la bigornia tambien recibe de ella igual efecto; de suerte que con el tiempo queda pulido y hace hojas; y si el martillo fuese de temple mas blando, será en él mas sensible la señal que deja el golpe.

Ahora os diré mas: toda reaccion es igual á su accion. Esta ley se demuestra con la precedente; porque si la accion fuese mayor que la reaccion, ese mismo exceso de accion quedaba sin reaccion correspondiente; de este modo tendríamos accion sin reaccion. Si por el contrario fuese mayor la reaccion como nosotros podemos considerarla con el nombre de accion, poniéndonos de parte del obstáculo que resiste, este exceso de la reaccion vendria á ser una accion parcial á la que no correspondia reaccion al-

guna, lo que se probó ya ser imposible. Probemoslos tambien por hechos: venid acá.

Pongamos dos péndulos de plomo ó barro fresco, y dejando el uno quieto, levantemos el otro para dejarle caer sobre el primero, y en ambos será la señal del golpe enteramente igual. Ahora pues esta señal en A (Fig. 1), se hace por la accion de B, y en B es efecto de la reaccion de A.

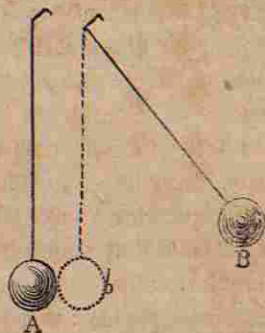


Fig. 1.

Pongamos un péndulo en una regla, y en él un cono B (Fig. 2), que caiga en una caja de barro fresco A (para estas esperiencias usamos la greda, la que se supone fija); levantemos el péndulo á la altura determinada, en cayendo observemos la cavidad que resulta del barro, y se verá que es igual á la fuerza de la accion.



Fig. 2.

Quitemos de la regla el cono B, y pongámosle fijo en el lugar donde estaba el barro A: poniendo la cajita de barro C en el péndulo, esta pesa tanto como pesaba el cono, lo que es facil ajustar, poniendo en la caja del cono B mas ó menos granos de plomo.

Hecha esta preparacion levántese el péndulo á la

misma altura, y dejándole caer se hallará en el barro semejante cavidad. Ahora, pues, en el primer caso la cavidad es la medida de la fuerza de la accion, y en el segundo lo es de la fuerza de reaccion, pues solo el cono quieto inmoble es el que la hizo.

ETG. — Un poco embrollada me parece esta doctrina al ver la desigualdad de fuerzas que hay en la causa que obra y en el obstáculo que resiste; v. g., un caballo muy vigoroso va firando de una carga muy leve, otro muy flaco apenas puede arrastrar una muy pesada: una bala de artillería atraviesa una tabla delgada, y otra bala de fusil apenas se entierra en la pared, la que resiste tanto que se burla de ella. Un gigante que resiste á un niño tiene mas fuerza que el niño que resiste al gigante. En todos estos casos y otros semejantes la causa que obra es mas debil ó mas fuerte que el obstáculo que resiste; y esto parece contrario á vuestra doctrina.

TEOD. — Una cosa es la causa que obra, otra la accion de esta causa. Las fuerzas de la causa no son las fuerzas de la accion. El gigante puede tener mil grados de fuerza, y no empleará en la accion sino cuatro ó cinco, pues solo empleará fuerza igual á la que es precisa para destruir las del niño que le resiste: el resto son fuerzas que podrian obrar, pero no obran. El que es hombre rico puede hacer un gasto grande; pero no tiene precision de hacerle mayor que el correspondiente á la obra; y así no es lo mismo tener muchas fuerzas que emplear muchas fuerzas en la accion.

Del mismo modo el obstáculo fortísimo resiste á

proporcion de las fuerzas que empleamos contra él. Si una pared, capaz de resistir con mil fuerzas, es acometida con una piedra tirada con cuatro por un niño, resistirá con otras cuatro, y será la señal del golpe muy leve, quedando destruido el movimiento y fuerzas de la piedra: estas cuatro fuerzas combatiéron de parte á parte, y se destruyeron igualmente, quedando la piedra que obraba sin accion ni fuerza al pie de la pared, y la pared arruinada en una levisima parte.

Supongamos que arrojan contra esta pared una bala con cien grados de fuerza; la pared resistió con otros cien grados, quedando de parte á parte iguales fuerzas; las de la bala, porque quedó enterrada ó cayó muerta al pie de la pared; las de la pared, porque queda desmoronada y destruida en esa pequeña parte.

Pero si una bala de artillería acomete con 4500 grados de fuerza á la pared, esta se arruinará del todo, porque suponemos que solo podia resistir con 4000; pero estas fuerzas de reaccion destruyeron en la accion de la bala otras tantas fuerzas cuantas fueron destruidas por ella; mas aun quedan en la bala 500 grados de fuerza que sirven para la victoria. Así pues nunca confundais las fuerzas que se emplean en la accion con las que no obran, y solo sirven para el triunfo, si puedo espresarme así:

Las fuerzas de la accion son las que obran y se emplean en hacer el efecto, y por consiguiente se consumen: las demas son fuerzas que podrian obrar si fuese preciso; pero no obran: estas son las que deciden de la victoria, y en ellas se ve cual es mas

fuerte de los dos combatientes, si la causa que obró ó el obstáculo que resistió. Con esto, Eugenio, ya me parece que podreis entender cuanto se diga sobre este punto. Vengamos ahora, si os parece, á la direccion de las fuerzas.

EUG. — En cuanto á mí os confieso que me interesais cada vez mas, pues ya voy dándome cuenta de algunos fenómenos.

TEOD. — Siempre que una fuerza obra sobre un cuerpo, y le hace mover, si no hay otra fuerza que se oponga á este movimiento, el cuerpo marcha en linea recta: yo tiro esta bala de un cabo al otro de la sala, y allá se va directamente. Esta linea recta puede representar la direccion de la fuerza; si en vez de una sola fuerza poneis muchas, cuyo conjunto hace mover el cuerpo, se mueve tambien en linea recta. Probemoslo: ahí está este pedazo de hierro con tres cordeles. Silvio tirará de uno, vos de otro, y yo del último; marchemos todos tres hacia el fondo de la sala, tiremos siempre del mismo modo, y el pedazo de hierro seguirá una linea recta como si no lo tirase mas que una fuerza. Manos á la obra.

EUG. — En efecto así ha sido. Pero si yo tiro de este cordel y doy vueltas, bien será preciso que las dé tambien mi pedazo de hierro, y entonces su direccion no será en linea recta, sino curva.

TEOD. — Solo lo es en apariencia pues esta linea curva se compone de una multitud de pequeñas lineas rectas, así podeis asentar que la direccion de las fuerzas es siempre necesariamente rectilínea. Si considerais la direccion entre dos ó muchas fuerzas,

vereis que pueden hallarse en una misma linea pero en oposicion; como si yo tiro del pedazo de hierro por la izquierda y vos por la derecha; en la misma linea y en el mismo sentido; como si vos tirais de este peso, asiendo el cordel á dos palmos de distancia y Silvio á siete del mismo; tambien pueden ser las direcciones en lineas diferentes siendo paralelas, opuestas, ó en el mismo sentido, ó en fin haciendo ángulos entre ellas. Todos estos casos dan margen á efectos resultantes segun leyes que os espodré luego. Como se representa á menudo estas fuerzas por las lineas de sus direcciones, tambien se representa la intensidad de las fuerzas por la longitud de estas lineas: y en efecto pueden las longitudes servir tambien como los números para espresar cantidades relativas: así una linea de diez varas representará en intensidad y direccion una cierta fuerza, y otra linea de veinte varas representará muy bien una fuerza doble en intensidad. Retened bien todo esto, porque nos servirá muchísimo para concebir las leyes del equilibrio y del movimiento.

EUG. — Me parece que no se me ha escapado nada, y lo que nos habeis hecho probar por nosotros mismos bastará para hacérmelo retener. Pasad á otra cosa, si lo juzgais á propósito.

TEOD. — Hablemos pues del tiempo durante el cual está obrando una fuerza sobre un cuerpo para imprimirle un movimiento, pues influye considerablemente sobre el movimiento producido. Si no obra sino por un instante el movimiento que resulta es de un modo, como cuando se da un martillazo; ó

sea con el taco contra una bola de billar; si obra la fuerza por mas tiempo y se aumenta su accion á proporcion que dura, en cuyo caso se llama fuerza *acceleratrix*, el movimiento resultante es ya otro, como cuando un cuerpo viene al suelo; otro será tambien si la fuerza obra durante cierto tiempo y luego abandona el cuerpo á sí mismo, como la que hace salir una bala del cañon, y otro en fin cuando esta fuerza ahora es mayor, ahora menor, como muchas que pudiera citaros. Así cuando hablemos de la aplicacion de estos principios generales á casos particulares, no echaremos en olvido todas estas circunstancias. Vamos á dar fin á estas ideas generales diciendo que cuando dos ó mas fuerzas se aplican simultanea ó sucesivamente á un cuerpo, pueden resultar dos efectos diferentes: el cuerpo puede permanecer inmovil, á pesar de la accion de todas estas fuerzas, ó el cuerpo puede ponerse en movimiento con una velocidad y direccion variables. En el primer caso hay lo que se llama *equilibrio*, y la parte de la mecánica que se ocupa en él es la *estática*; el segundo caso en el cual el cuerpo se pone en movimiento, forma con todas sus circunstancias la parte de la mecánica que se llama *dinámica*. Estos dos efectos generales de que os acabo de hablar estan sometidos á cierto número de leyes simples y fáciles de concebir que permiten prever y calcular todos los casos posibles. Mas antes de esponeros estas leyes quiero hablaros del movimiento, y teniendo las ideas convenientes de las propiedades de la materia de las fuerzas que la mueven, y del resultado de estas fuerzas que es el mismo movimiento.

me seguireis con mas facilidad en la esposicion de las leyes del equilibrio y las de aquel.

§ VII.

Trátase del movimiento y de sus diferencias.

TEOD.—¿Por que decís que se mueve aquel carro que pasa por la carretera, y aquel laud que navega por el rio?

EUG.—Porque le veo mudar de puesto continuamente.

TEOD.—¿Pero cómo conocéis que muda de puesto?

EUG.—¡Toma! esto está claro. Tanto en los lados de la carretera, como en las márgenes del rio hay cien objetos, como casas, cabañas, árboles, etc. que no se mueven de sus sitios, y yo veo el carro y el laud ahora delante de una casa, luego que se alejan de ella, luego que se acercan á un arbol, que pasan mas allá de este; en una palabra comparando su posición con la de los objetos que lo rodean.

TEOD.—En efecto, es así, y esto es lo que os dará una idea clara del movimiento, el cual consiste en realidad en el paso de un cuerpo del lugar que ocupa á otro, y solo la comparacion con otros que estan fijos ó que se mueven en direccion opuesta puede hacernos apreciar la existencia del movimiento de un cuerpo. Conocemos que el sol, la luna y la estrella de la mañana se mueven, porque al amanecer

sea con el taco contra una bola de billar; si obra la fuerza por mas tiempo y se aumenta su accion á proporcion que dura, en cuyo caso se llama fuerza *acceleratrix*, el movimiento resultante es ya otro, como cuando un cuerpo viene al suelo; otro será tambien si la fuerza obra durante cierto tiempo y luego abandona el cuerpo á sí mismo, como la que hace salir una bala del cañon, y otro en fin cuando esta fuerza ahora es mayor, ahora menor, como muchas que pudiera citaros. Así cuando hablemos de la aplicacion de estos principios generales á casos particulares, no echaremos en olvido todas estas circunstancias. Vamos á dar fin á estas ideas generales diciendo que cuando dos ó mas fuerzas se aplican simultanea ó sucesivamente á un cuerpo, pueden resultar dos efectos diferentes: el cuerpo puede permanecer inmovil, á pesar de la accion de todas estas fuerzas, ó el cuerpo puede ponerse en movimiento con una velocidad y direccion variables. En el primer caso hay lo que se llama *equilibrio*, y la parte de la mecánica que se ocupa en él es la *estática*; el segundo caso en el cual el cuerpo se pone en movimiento, forma con todas sus circunstancias la parte de la mecánica que se llama *dinámica*. Estos dos efectos generales de que os acabo de hablar estan sometidos á cierto número de leyes simples y fáciles de concebir que permiten prever y calcular todos los casos posibles. Mas antes de esponeros estas leyes quiero hablaros del movimiento, y teniendo las ideas convenientes de las propiedades de la materia de las fuerzas que la mueven, y del resultado de estas fuerzas que es el mismo movimiento.

me seguireis con mas facilidad en la esposicion de las leyes del equilibrio y las de aquel.

§ VII.

Trátase del movimiento y de sus diferencias.

TEOD.— ¿Por que decís que se mueve aquel carro que pasa por la carretera, y aquel laud que navega por el rio?

EUG.— Porque le veo mudar de puesto continuamente.

TEOD.— ¿Pero cómo conocéis que muda de puesto?

EUG.— ¡Toma! esto está claro. Tanto en los lados de la carretera, como en las márgenes del rio hay cien objetos, como casas, cabañas, árboles, etc. que no se mueven de sus sitios, y yo veo el carro y el laud ahora delante de una casa, luego que se alejan de ella, luego que se acercan á un arbol, que pasan mas allá de este; en una palabra comparando su posición con la de los objetos que lo rodean.

TEOD.— En efecto, es así, y esto es lo que os dará una idea clara del movimiento, el cual consiste en realidad en el paso de un cuerpo del lugar que ocupa á otro, y solo la comparacion con otros que estan fijos ó que se mueven en direccion opuesta puede hacernos apreciar la existencia del movimiento de un cuerpo. Conocemos que el sol, la luna y la estrella de la mañana se mueven, porque al amanecer

vemos al primero en oriente, á medio dia encima de nosotros, y al caer la tarde en ocaso, sucediendo lo propio por lo que toca, en estas mudanzas, á la luna y el lucero. Cuando os dé lecciones de astronomía os diré á quien pertenece realmente el movimiento diario que en apariencia tiene el sol; por ahora nos basta esto para nuestro objeto. Si no tuvieseis nada con que comparar la posicion del cuerpo que se mueve, os parecería que está inmóvil. Veis allá á lo lejos, en el horizonte del mar, un buque á toda vela, sin duda va volando por las aguas, yo os desafío á que dentro de dos horas advertiais la menor señal de movimiento. Lo mismo os sucedería si os miraseis muchas estrellas, las cuales os digo que se mueven, como se mueve la luna y el sol, y sin ir tan lejos á nuestra vista está la mejor prueba. Veis aquel árbol que agita el viento como bambolea su copa; pues el mismo aire agita las copas de los árboles que veis en lontananza; ¿diriais que se mueven aquellas copas? por la sola vista no, pues parecen pintadas. Todas estas inmovilidades aparentes dependen de que la distancia os impide comparar la posicion del cuerpo que se mueve con los vecinos. Me he entendido sobre este punto para conducirlos á creer que no hay movimiento absoluto, sino *movimiento relativo*; puesto que no podemos apreciar su existencia sino por la comparacion de la posicion de un cuerpo con las de otros; esto es, por sus relaciones con los demas, ya esten fijos, ya se muevan en direcciones opuestas ó diferentes.

EUG. — ¿Teneis que hacer alguna objecion á esto, Silvio?

SILV. — No tengo por ahora ninguna.

TEOD. — Pues pasemos á otros resultados de esta misma comparacion. Este mismo carro que ha pasado nos puede servir de ejemplo: en él iban un hombre y una muger; ambos á dos no mudaban sus relaciones establecidas entre los dos; pero las mudaban con respecto á los lados y objetos de la carretera; con que tenian un movimiento comun; pues entrambos mudaban de puesto en la carretera, y seguian el mismo espacio en el mismo tiempo. Si la muger se hubiese levantado y hubiese ido de un cabo al otro del carro, hubiese tenido un movimiento *propio*, á mas del comun; porque, á mas de las diferencias de sus relaciones con los objetos de la carretera, hubiese habido las de sus relaciones con los objetos contenidos en el carro. ¿Habeis comprendido bien esto?

EUG. — Nada tiene de difícil: y voy á proponeros yo mismo un ejemplo para daros una muestra de ello. Un barco sigue la corriente del rio, y un marinero tira una bola de un cabo del barco al otro: el barco, el hombre y la bola tienen movimiento comun, porque todos mudan á la vez sus relaciones con las riberas del rio; la bola tendrá un movimiento propio de que no participan los demas objetos; el barco tiene movimiento relativo por lo que toca á las orillas, y la bola tiene tambien movimiento relativo por lo que toca á los objetos contenidos en el barco.

TEOD. — Muy bien: os habeis explicado como un maestro. Una observacion importante voy á haceros

sobre el movimiento propio, y es que las leyes que lo rigen son absolutamente las mismas, cualquiera que sea el movimiento comun, en que pueda un cuerpo verse arrastrado con los demas que le rodean. Así, que un hombre arroje una piedra, estando en tierra, contra un obstáculo ó un blanco cualquiera; que lo haga dentro de un barco en movimiento, la piedra lanzada con la misma fuerza, correrá el mismo espacio, herirá el blanco con la misma energia, y le alcanzará con la misma precision; y esta circunstancia es tanto mas feliz, cuanto nos ahorra, en el estudio de los movimientos propios que se examinen, hacer caso de los movimientos comunes que arrastran la tierra y le hacen dar vueltas alrededor de su eje como vereis á su tiempo.

SILV. — Desearia, Teodosio, que probaseis una proposicion tan importante.

TEOD. — De mil amores. Yo pudiera deciros los experimentos que se han hecho en diferentes puntos del globo, donde el movimiento comun es muy diferente, y los resultados han sido iguales; mas como Eugenio no se halla todavía á la altura de los conocimientos necesarios, prefiero valerme de otras pruebas puesto que no faltarán para demostrar esta verdad. ¿Si dejais caer una piedra desde esta ventana al suelo, donde caerá?

EUG. — Al pie de la pared de la casa por supuesto.

TEOD. — Suponed que de lo alto del mastil de aquel buque que va saliendo de la barra con viento en popa caiga una piedra, ¿en donde os parece que caeria?

EUG. — Segun lo que habeis dicho, si es cierta la ley, al pie del mastil.

SILV. — No puede ser; habia de caer fuera de la nave, porque en tanto que vino la piedra por el aire, anduvo el buque mucho hácia delante, y por lo mismo habia de caer la piedra en la mar.

TEOD. — Así parece que habia de suceder, pero el caso es que sucede como decia Eugenio; cae bien inmediato al pie del mastil por mas ligero que vaya el navío. Pero para dar la razon de este efecto y de otros mas admirables que se siguen, es preciso daros una pequeña instruccion acerca de varios nombres de que hemos de usar. Primeramente, cuando tiramos una bola por un piso igual ó por encima de alguna mesa, decimos que la bola sigue una direccion horizontal, porque la linea horizontal es la que va derecha de una parte á otra sin levantar ni bajar; de suerte que si la piedra de esta mesa estuviera bien á nivel, decimos que está puesta horizontalmente.

EUG. — Lo entiendo: vamos á lo que se sigue.

TEOD. — Linea perpendicular hácia abajo es el camino que lleva el móvil cuando cae á plomo sin torcer mas hácia una parte que hácia otra. Supuesto esto, si tiramos una bola por encima de esta mesa, mientras va rodando por encima de ella lleva movimiento horizontal; si luego la dejaramos caer de la mano en el suelo lleva movimiento perpendicular. Hasta aqui no hay dificultad. Supongamos que se tire la bola por encima de la mesa con mas fuerza,

ha de caer en el suelo, pero allá lejos de la mesa.
(Fig. 5.)

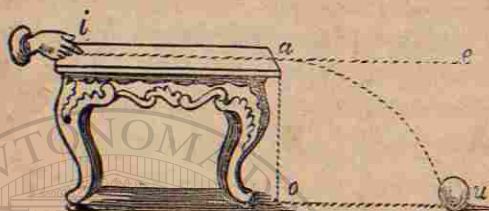


Fig. 5.

EUG. — No hay duda que así ha de suceder.

TEOD. — Pues en ese caso lleva la bola un movimiento compuesto de dos fuerzas, una horizontal, que yo la di, otra perpendicular, que la dió su peso: de aquí nace que en llegando á la estremidad de la mesa, de allí adelante ni va por la línea horizontal *ae*, ni por la línea perpendicular *ao*, sino que va por el medio haciendo una línea curva *au*. La razón de esto es porque la bola luego que llegó á la estremidad de la mesa se halló con dos direcciones, una que yo la di tirándola por línea horizontal *i a e*, la cual aun la dura, otra perpendicular hácia abajo que se la da su peso; ella no puede ir al mismo tiempo por una línea *ae* y por otra *ao*; por eso va por el medio, porque así obedece del modo que puede á las dos fuerzas; va andando hácia adelante y juntamente bajando, y esto es ir la bola con movimiento compuesto ó mezclado de dos direcciones.

EUG. — Ahora percibo la razón de la curvatura de la línea que hacen todos los cuerpos cuando caen con ese movimiento compuesto. Pero no os olvidéis

de la experiencia del navío, porque no quiero quedar sin saber la causa de este efecto.

TEOD. — A eso voy encaminando el discurso. Cuando el navío se mueve lleva un movimiento horizontal, y semejante movimiento lleva todo cuanto va en el navío, y por consiguiente tambien los mástiles, los hombres y las balas ó piedras que estuvieren en lo mas alto de los mástiles, todo va corriendo con la misma velocidad que lleva el navío; luego cuando se dejare caer la piedra desde lo alto del mastil se halla con dos direcciones, una horizontal hácia adelante, que es el movimiento que lleva el navío con todo lo que va en él, otra perpendicular hácia abajo que la da su peso; y así, conforme á lo que dijimos antes, la piedra ha de ir con movimiento compuesto de horizontal y perpendicular; luego ha de caer hácia abajo para obedecer á la fuerza que la tira hácia el suelo; pero ha de ir tambien hácia adelante para obedecer al movimiento que traia del navío.

SILV. — Entonces la piedra ha de ir á caer en el agua delante del navío.

TEOD. — No ha de ser así, porque tanto anda la piedra hácia adelante quanto el navío, y así ha de caer al pie del mastil; porque cuando la piedra principió á caer, si el navío parase de repente, entonces ciertamente caería la piedra en la proa ó en el agua; pero como el navío va tan ligero como la piedra, cuando ella habia de llegar al agua ya halla allí el navío que la fué siempre acompañando con movimiento igual al suyo.

EUG. — Ya lo entiendo.

SILV. — Yo solo tengo una dificultad, y es, ¿por

qué ha de ir la piedra hácia adelante si va ya separada del mastil?

TEOD. — Muévase hácia adelante, porque ha de conservar por algun tiempo el movimiento que traia: tambien la bola, despues que cae fuera de la mesa, conserva el movimiento que traia hácia adelante cuando venia por encima de ella, y sin embargo ya va libre en el aire. Esta misma razon sirve para explicar otra esperiencia semejante; y es, que yendo un coche despedido, si el lacayo no tuviere esperiencia y se quisiese apear, infaliblemente cayera, porque todo el cuerpo llevaba un movimiento horizontal, el cual conserva por algun tiempo; así sucede que cuando pone los pies en tierra todo el cuerpo va hácia adelante con el movimiento que aun conserva, y se cae. Pero los experimentados ya van con esa cautela; y, ó inclinan con violencia el cuerpo hácia la parte contraria de aquella adonde va el coche, para destruir con ese impulso el movimiento que aun conserva el cuerpo, ó se apean con la cara vuelta hácia el coche y mueven luego los pies hácia adelante, y van corriendo para que el cuerpo que va tambien hácia adelante con el movimiento que conserva el coche tenga sobre que sostenerse y no se caiga.

EUG. — Ahora advierto yo que cuando una calesa va corriendo, si cae el caballo ó mula de las varas, y paró de repente, el que va dentro da un balance hácia fuera de la calesa infaliblemente, y supongo que es por la misma razon.

TEOD. — Decís bien: eso es porque el cuerpo llevaba concebido el movimiento de la calesa, el

cual conserva cuando ella cae, y así se mueve hácia adelante. Otra esperiencia os diré ahora que os admirará mas. Si un hombre estando junto al mastil del navio que va con viento seguido tirare una saeta bien derecha hácia arriba, vendrá esta á caer á los pies del mastil, porque el hombre, aunque tire la saeta hácia arriba, cuando esta sale del arco se halla con dos determinaciones, una hácia arriba que la dió el arco, y otra horizontal hácia adelante que da el navio á todo cuanto va en él, la cual aun conserva la saeta; y así cuando sube va al mismo tiempo andando hácia adelante, y cuando baja va bajando y caminando tambien hácia adelante; por lo que, como en este tiempo ya el mastil y navio han andado igualmente hácia adelante, cae otra vez al pie del mismo mastil.

EUG. — Si hiciéremos la esperiencia en tierra corriendo ¿nos sucederá lo mismo?

TEOD. — Sucede efectivamente, y lo tengo ya hecho muchas veces tanto á pie como á caballo; pero no es tan facil el tirar derecho hácia arriba como se hace en el navio. Tambien se hace con bastante seguridad corriendo en un coche descubierto; pero se debe advertir que la piedra ó naranja, ó cosa semejante con que tiráremos, no ha de despedirse sino despues de principiada la carrera, ni se ha de aumentar ni disminuir el movimiento del coche despues de despedida la piedra, sino que debe continuar la carrera de la misma suerte que era cuando se despidió la piedra de la mano; con estas circunstancias si tiraron la piedra bien á plomo hácia arriba, caerá sin duda á los pies de quien la tiró.

EUG. — En la primera ocasion que tuviere he de hacer la esperiencia, porque es pasmosa.

TEOD. — Yo os voy á hacer presenciar un experimento que representa, por lo tocante á la ley, el barco de que hemos hablado y acabará de convencer á Silvio, en cuyo rostro adivino que aplaza su conviccion para cuando haga algun viage por mar ó rio.

SILV. — ¿Cual es este experimento? mucho me agrada presenciarlo.

TEOD. — Aquí tengo este pequeño carro de cuatro ruedas (Fig. 4),

aquí veis este vasito A sostenido por esta horquilla B, y que contiene esta bola de marfil: el fondo de este vaso es móvil. esto es se abre cuando uno quiere, y deja caer la bola en este otro agujero C, colocado verticalmente debajo del primero. ¿Si dejo caer la bola estando el cuerpo en reposo á donde va á parar?



Fig. 4.

EUG. — Al agujero de debajo C.

TEOD. — Pues pongamos en movimiento nuestro carro encima de esta larga y ancha mesa procurando que el movimiento del aparato sea uniforme; pues en el momento en que la bola cae del vasito superior al agujero, ya no pertenece al movimiento comun del carro, y si este aumentase ó disminuyese, mientras cayese la bola, cayera delante ó detras del agujero. Vamos á la prueba, ya está en movimiento, abro el vasito superior, ¿á donde ha ido á parar la bola, Silvio?

SILV. — Al agujero: bien lo veo; ahora ya no me queda ninguna duda de vuestra ley.

TEOD. — Todo lo que os he dicho del movimiento es exactamente aplicable á la quietud. Tampoco hay quietud absoluta en la naturaleza, puesto que sus grandes masas parecen agitadas de movimientos comunes, y que suponemos en reposo los cuerpos que no mudan de relacion con los que los rodean y con los cuales los comparamos. Pero hay reposo ó quietud relativa; pues vemos que muchos cuerpos guardan constantemente ó por un dado tiempo sus mismas relaciones entre sí; aunque sepamos que la grande masa, donde se hallan, esté realmente en movimiento. Una montaña no muda sus relaciones con la superficie de la tierra, y bajo este aspecto está en quietud relativa con ella; esto no obstante la tierra en masa se mueve, y con ella se mueve el arbol como se mueve el marinero con el buque, donde duerme y el calesero con su calesa, donde está sentado, y por lo mismo, en quietud relativa. Estas diferencias de movimiento y quietud, y el modo que tenemos de apreciarlas, son la causa de los frecuen-

tes errores é ilusiones en que caemos, cuando viajamos, sea por mar, sea por tierra. Mas de una vez os ha sucedido sin duda hallaros dentro de un carruage tapado, ó en el camarote de un buque, al través de cuyas ventanillas os mirabais los campos circunvecinos. Como estabais sentado, ó echado y no mudabais vuestra relacion con los objetos del carruage ó del camarote, y al mismo tiempo veiais continuas mudanzas de relacion con los objetos esteriore, parecía que eran estos objetos los que se movian, tanto mas á prisa, quanto mas á prisa os moviais vos con el carruage ó el buque y os creiais en profunda quietud. Todo lo contrario sucede cuando uno se coloca en el alcazar del buque, la ilusion cesa en seguida, porque allí se ve á la vez el buque, la playa, los campos, ó el carruage, los campos y la carretera, y no se puede ocultar que está en movimiento con el buque ó el carruage que se lo lleva.

ERG. — A esto pertenecerá tambien sin duda el parecerme que un carro no se mueve de su puesto ó que retrocede, cuando le miro pasando y despues de haber pasado por su lado siguiendo su misma direccion; pero en un coche que vaya mas de prisa, cuando paso por su lado veo que la diferencia de relaciones va de delante á atras y se me figura que retrocede, aun cuando veo que las cabalgaduras marchan hácia delante, y la rapidez con que se aleja de mí ó el hallarse en una misma linea me hace el mismo efecto que si no se moviese.

TEOD. — Perfectamente; dais á este fenómeno su debida aplicacion.

ERG. — Aun hay otro que he observado mas de una vez. Hay partes en que un rio corre tan manso que el agua parece no moverse: si flotan por encima algunas hojas de arbol ó algun palillo y yo sigo la corriente, el palillo se va para atras, de modo que llevo á creer que el rio ha mudado de direccion, y no salgo de este error sino cuando me paro y observo el palillo en sus relaciones con la margen del rio, en cuyo caso veo que la corriente, aunque poca, es la misma de siempre y que el palillo va hácia adelante llevado por ella.

TEOD. — Ya que hemos visto todo lo que hay que decir en general del movimiento mirado bajo un aspecto comparativo, examinémosle ahora en sí mismo, y acabaremos esta conferencia que ya debe empezar á fatigaros.

ERG. — Al contrario, si deseo que se ponga fin á ella, solo es porque debeis de estar ya cansado con tanta explicacion.

TEOD. — Pues bien acabaremos la leccion de hoy por lo que falta decir del movimiento. Si el mulo que tira el carro va corriendo, el carro recorrerá mucho espacio en poco tiempo; si el mulo va poco á poco, el carro gastará mucho tiempo para recorrer poco espacio. El primer movimiento se llama *rápido* el segundo *lento*, y esta circunstancia sumamente variable en los diferentes movimientos es lo que hemos llamado *velocidad*, y ahora acabais de ver por que hemos dicho que la velocidad era el espacio corrido por un cuerpo en un tiempo dado. Como el movimiento no es otra cosa que la mudanza de un cuerpo en el espacio, no hay razon

para que se mude mas hácia arriba que hácia abajo, hácia derecha que hácia izquierda, y obren las fuerzas en todas direcciones; se sigue que ha de haber movimientos en todas *direcciones* y de todas las máneras. Si yo me voy de un cabo de la sala al otro por el camino mas corto, mi movimiento será recto ó *rectilíneo* como querais; si serpenteo mi movimiento *curvilíneo* porque seguiré líneas curvas, y si en vez de irme al otro extremo de la sala, ruedo, como el jumento que mueve la noria, mi movimiento será *circular*, porque describiré lo que se llama un círculo. En una palabra el movimiento recibe nombres diferentes conforme fueren las líneas geométricas que describe el cuerpo que se mueve. Si el mulo que mueve el carro marcha siempre al mismo páso, el movimiento del carro será siempre el mismo, recorrerá espacios iguales con iguales tiempos: este movimiento pues se hace con uniformidad; es *uniforme*. Si el mulo primeramente va á paso lento, luego al paso seguido, luego al trote, luego á galope, luego en fin corre á escape; el movimiento del carro será *acelerado*: si primero va á escape, luego al galope, luego al trote, luego al paso, y en fin á paso lento; el movimiento es *retardado*. Por último si el mulo anduviese aumentando ó disminuyendo su páso, de suerte que el espacio recorrido por el carro aumentase ó disminuyese siguiendo una ley constante en los tiempos iguales y sucesivos, esto es hubiese uniformidad en acelerarse ó en retardarse, sería movimiento *uniformemente acelerado ó retardado*. Me parece que por esta tarde ya teneis bastante con lo dicho: mañana y los días su-

cesivos repetiremos la conferencia, si teneis tiempo y deseo de oirme,

EUG. — Del deseo no dudeis, del tiempo sí; pero de lo que me habeis enseñado creo que estoy instruido y hecho cargo, y ahora ya veo clara la razón de lo que hasta aquí me parecia imposible, lo cierto es que quien no sabe las ciencias anda en este mundo con los ojos cerrados.

SILV. — ¡Es fuerte pasión! Si este efecto hizo en vos la primera conferencia ¿que será mas adelantado? Ahora pues, Eugenio y Teodosio, dadme licencia que no me puedo dilatar mas: mañana por la tarde vendré á haceros compañía en vuestras conferencias; por la mañana no me puedo aprovechar de ellas porque me es preciso este tiempo para mi estudio y ver algunos enfermos á quienes asisto.

TEOD. — Ni hago yo ánimo de que Eugenio tenga tan continuada mortificación en oirme; para esto bastan las tardes: por las mañanas nos divertiremos con el ejercicio de la caza. Pero ya que por la mañana no podeis venir no falteis por la tarde, y venid temprano, porque deseo que esteis presente.

SILV. — Fiad en mí, que por gusto, aun mas que por obediencia, no faltaré.

EUG. — Muchos tiempos ha que no he pasado una tarde en conversacion mas amena ni mas de mi gusto que la de hoy.

TEOD. — El gusto que teneis de instruiros en estas materias os haria parecer amena hasta la conversacion mas insulsa. Mas decidme, ¿entendisteis lo que hoy se trató?

EUG. — Sí, lo entendí y con gran facilidad; confie-

soos que pensaba me costase mas trabajo; pero lo cierto es que vuestro buen método, y la claridad del estilo, harian percibir las aun al mas rudo.

TEOD.— Estos discursos siempre piden aplicacion de cabeza: descansad ahora del trabajo que tuvisteis; basta para primera leccion: mañana continuaremos tratando sobre estos puntos: vamos á hablar sobre otras materias, y sino divirtámonos al juego.

ERG.— Estoy por todo lo que quisiéreis.

TEOD.— Vamos á jugar.



TARDE SEGUNDA

CONTINGANSE Y DAN FIN LAS NOCIONES GENERALES DE LA FISICA, TRATANDOSE DE LAS LEYES DEL EQUILIBRIO Y MOVIMIENTO, Y DE LAS FUERZAS EN PARTICULAR.

§ I.

Trátase de las leyes del equilibrio.

TEOD.— Eugenio, ya que os desembarazasteis de vuestros quehaceres para venir á divertir os en este sitio, es justo que antes de continuar nuestra física veais algunas casas de campo que hay por estas inmediaciones.

ERG.— Mucho os agradezco esta diversion, pero ayer ya vimos algunas, prefiero continuar en nuestra conferencia literaria, y atar el hilo que por esta noche interrumpimos. He aquí llega Silvio.

TEOD.— Seais bien venido, Silvio; ya os estábamos esperando y anhelábamos por vuestra compañía.

SILV.— Por gozar de la vuestra vengo aquí y estoy pronto á complacer os en todo. ¿Cómo os hallais, Eugenio, con vuestra física?

soos que pensaba me costase mas trabajo; pero lo cierto es que vuestro buen método, y la claridad del estilo, harian percibir las aun al mas rudo.

TEOD.— Estos discursos siempre piden aplicacion de cabeza: descansad ahora del trabajo que tuvisteis; basta para primera leccion: mañana continuaremos tratando sobre estos puntos: vamos á hablar sobre otras materias, y sino divirtámonos al juego.

ERG.— Estoy por todo lo que quisiéreis.

TEOD.— Vamos á jugar.



TARDE SEGUNDA

CONTINGANSE Y DAN FIN LAS NOCIONES GENERALES DE LA FISICA, TRATANDOSE DE LAS LEYES DEL EQUILIBRIO Y MOVIMIENTO, Y DE LAS FUERZAS EN PARTICULAR.

§ I.

Trátase de las leyes del equilibrio.

TEOD.— Eugenio, ya que os desembarazasteis de vuestros quehaceres para venir á divertir os en este sitio, es justo que antes de continuar nuestra física veais algunas casas de campo que hay por estas inmediaciones.

ERG.— Mucho os agradezco esta diversion, pero ayer ya vimos algunas, prefiero continuar en nuestra conferencia literaria, y atar el hilo que por esta noche interrumpimos. He aquí llega Silvio.

TEOD.— Seais bien venido, Silvio; ya os estábamos esperando y anhelábamos por vuestra compañía.

SILV.— Por gozar de la vuestra vengo aquí y estoy pronto á complacer os en todo. ¿Cómo os hallais, Eugenio, con vuestra física?

EUG. — Como ayer me dejasteis, porque no hemos vuelto á hablar mas en el asunto, yo quiero que asistais siempre á nuestras conferencias, y pues tenemos ahora tiempo me parece que podemos entrar en materia.

TEOD. — Sea enhorabuena, y hablemos hoy de las leyes del equilibrio en primer lugar. El punto no será muy ameno para vos; pero es indispensable para la inteligencia de otros muchos, y ya procuraré no deciros sino lo mas esencial y de una manera clara. Ya os acordais de lo que llamé fuerza y sus direcciones, y basta para reproduciros su idea, si la habeis olvidado, figuraros cuando tirábamos del pedazo de hierro: eramos tres, de consiguiente habia tres fuerzas de direccion diferente, el peso no pudo seguir mas que una direccion, y no necesito daros ninguna prueba para concebir que no puede tener mas de una: es decir que se movió como si hubiese sido tirado por una sola fuerza, aunque habia tres: ahora bien, la fuerza que resultó de la composicion de las tres se llama *resultante*, y las tres que la componian *componentes*.

EUG. — Lo entiendo completamente, id adelante.

TEOD. — Esto esplicado paso á estableceros leyes.

I. *Si un punto material es solicitado por dos fuerzas iguales y en sentido directamente opuesto, este punto quedará inmóvil y se hallará en estado de equilibrio.* Tirad por un lado de este peso yo tiraré por el otro; igualemos nuestras fuerzas, y el peso no se ha de mover. Lo estais palpando. Con todo es menester que no confundais el equilibrio de este peso con su quietud, porque si mientras lo tiramos

con igual fuerza y no se nueve aumentaseis la vuestra, por poco que fuese, el peso se moveria hácia vos; al paso que si quisieseis moverlo en su estado de reposo, seria menester aplicar sobre él toda la fuerza necesaria para vencer su resistencia. Con una balanza lo vereis mas claro. Ahí veis este plato donde hay un peso de una libra, y como en el otro plato no hay nada, el del peso reposa sobre la mesa y está en quietud. ¿Cuanto peso necesitais para levantarle?

EUG. — Una libra que representará la fuerza que retiene el otro plato.

TEOD. — La pongo pues, y la balanza queda en equilibrio, poned ahora un escrúpulo junto con la libra que habeis empleado para vencer el estado de reposo del otro plato; hétele en movimiento, y con todo no habeis empleado mas que un escrúpulo, cuya fuerza no es bastante para levantar una libra: esto os prueba pues que el equilibrio y la quietud son cosas diferentes. La quietud consiste en una ausencia de todo movimiento y de toda tendencia á él; mientras que el equilibrio consiste en una ausencia de todo movimiento, pero con tendencias iguales y opuestas. Y esto os demuestra que no hay quietud absoluta en el universo, y que lo que nosotros tomamos por tal no es mas que el equilibrio entre dos fuerzas opuestas. Veamos otras leyes.

II. *Cuando dos fuerzas desiguales obran en sentidos contrarios sobre un punto material, la resultante se halla en la direccion de la mas poderosa; y su intensidad es igual á su diferencia.*

III. *Cuando dos fuerzas obran sobre un punto*

material en el mismo sentido, la resultante se halla en su direccion y su intensidad es igual á su suma. Estas dos leyes son tan claras que rechazan toda esplicacion. Tirad del peso hácia la izquierda con poca fuerza, yo tiro hácia la derecha con bastante; el peso viene hácia mí; hácia mí es la fuerza resultante, y si vos teneis fuerza como uno, yo como cuatro, la intensidad de la resultante es tres. Si tiramos en un mismo sentido, la resultante se halla en nuestra direccion y su intensidad es cinco. En ambos casos, para que haya equilibrio es preciso oponer una fuerza igual y contraria. En general cuando un número de fuerzas paralelas obran unas en un sentido, y otras en sentido contrario sobre un punto material, la resultante es igual á la diferencia de las fuerzas opuestas, y su direccion es la de mayor suma. El equilibrio se produce por medio de una fuerza igual y opuesta á la resultante. Cuando se aplican dos fuerzas á un mismo punto material y no son ni paralelas ni opuestas, sino que forman ángulo entre ellas, tienden en parte á destruirse y en parte á mover el punto material, y en este caso la resultante está representada en magnitud y direccion por la diagonal de un paralelógramo construido sobre dos rectas que representan por sus direcciones y longitudes, las dos fuerzas componentes. Venga el yeso y demostrémoslo en la pizarra: sea en efecto C (Fig. 5.) el punto material que va á moverse CD la primera fuerza y CE la segunda; el punto C deberá tomar un movimiento, puesto que ambas á dos fuerzas no son directamente opuestas, y este movimiento no podrá ser á la vez en la direccion CD

y en la CE, sino que ha de seguir otra diferente é intermedia. Siguiendo esta última, su desvío en el sentido CD deberá ser proporcional á la intensidad de la fuerza que esta línea representa, y su desvío en la direccion CE deberá ser tambien proporcional á la intensidad de esta segunda fuerza. Si se tira pues una línea DB por el punto D paralela á CE, el punto á donde llegará el cuerpo ha de hallarse en esta línea; y si por otra parte se tira por el punto E una línea

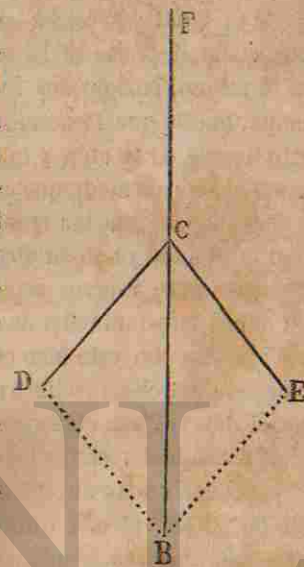


Fig. 5.

EB paralela á CD, el punto donde llegará el cuerpo deberá hallarse tambien sobre la línea EB. Esta operacion geométrica forma precisamente el paralelógramo de que os es hablado, y la diagonal CB representa en longitud y direccion la resultante de las dos fuerzas primitivas, presentando su direccion el camino que seguirá el cuerpo, y su longitud la intensidad de la resultante, relativamente á las dos fuerzas primitivas. Si abandonaseis el punto material á la única influencia de la fuerza CD, llegaria al punto D, y suponiendo luego que cesando de obrar

esta fuerza obedezca el punto material á la sola fuerza CE, exactamente representada por la linea DB que le es igual y paralela, el punto C se hallaria trasportado al punto B. El resultado, pues, ha de ser el mismo, cuando dos fuerzas obran al mismo tiempo, puesto que la accion de la una no puede perjudicar la de la otra, y que la materia es por sí misma inerte; de modo que en ambos á dos casos, las dos potencias quedan igualmente satisfechas, ya en su intensidad ya en su direccion. Si esto os parece demasiado áspero, venid conmigo á esa otra sala donde tengo un billar de marmol. Ahí veis esta bola: si doy con este taco contra ella hácia la izquierda se marchará en linea recta hácia esta direccion, si dais vos con el taco contra ella hácia la derecha, hácia la derecha se irá: demos los dos á la vez cada cual en las direcciones susodichas, no ha seguido ni una ni otra direccion, ha seguido otra intermedia, mas hácia mí, porque yo he empleado mas fuerza.

EUG.— Todo esto para mí es claro; y ¿cómo estableceriais el equilibrio?

TEOD.— Muy fácilmente: aplicando en el punto CF una fuerza igual á CB y opuesto en direccion.

SILV.— Yo creo que si seguís de este modo os vais á intrincar en el laberinto de las matemáticas, y nuestra conferencia dejará de tener el atractivo de una recreacion literaria.

TEOD.— Ya lo veo, Silvio, pero todo esto y mas que debiera decirle á Eugenio, le es necesario para la mecánica y estática de los cuerpos sólidos, líquidos y gaceosos. Mas hagámosle enhorabuena físico

en la generalidad, y guardemos para otra ocasion hacerle un buen mecánico. Sabed con todo que dos ó mas fuerzas dadas no pueden tener mas que un resultado; y que una sola fuerza dada se puede reemplazar por un número indefinido de pares de fuerzas, porque se puede hacerla diagonal de un número indefinido de paralelogramos diversos, cuyos lados serán componentes, que se podrán sustituir á la fuerza dada, y tendreis equilibrio siempre que opongais una fuerza sola ó una resultante igual y contraria á dicha diagonal. Pasemos pues á las leyes del movimiento.

§ II.

Trátase de las leyes del movimiento.

TEOD.— ¿Os acordais, Eugenio, de lo que se ha de tener en consideracion cuando un cuerpo se mueve solicitado por una fuerza?

EUG.— Me parece que es el espacio recorrido, el tiempo, la velocidad constante, ó variable, ó uniformemente variable y la cantidad de movimiento.

TEOD.— Ya veo que mis lecciones no se os van tan fácilmente. En efecto todo esto es menester considerar, y vamos á esponer las leyes que rigen los diferentes movimientos. *Movimiento uniforme.* Hay movimiento uniforme siempre que lo produce una fuerza que acaba de obrar, por ejemplo yo doy un tacazo á la bola de billar, mi fuerza produce su mo-

vimiento y cesa de obrar, si no hubiese ningun obstáculo que retardase el movimiento de la bola este seria uniforme; la bola recorrería espacios iguales en tiempos iguales; mas como es imposible que un cuerpo puesto en movimiento deje de encontrar obstáculos, se sigue que no hay movimiento uniforme sino por abstraccion. y que el movimiento perpetuo que está en la esencia de las cosas es una quimera en práctica.

II. *En el movimiento uniforme la velocidad es proporcional á la fuerza.* Puesto que no conocemos las fuerzas, sino por sus efectos ó por el movimiento que producen, no podemos tener medios directos de probar esta ley; pero como no hay nada que la contradiga admitidla como una suposicion permitida.

III. *En el movimiento uniforme la velocidad es igual al espacio dividido por el tiempo.* El tiempo se mide como cualquiera otra cosa, por comparacion con una unidad fija y convencional; el segundo por ejemplo es la unidad de tiempo de que se hace uso: así el tiempo es el número, ó fraccion de segundo que transcurre. La velocidad es el espacio recorrido durante una unidad de tiempo ó un segundo: de modo que suponiendo que un cuerpo es movido durante treinta segundos y recorre sesenta metros, se tendrá su velocidad dividiendo sesenta metros que es el espacio por treinta segundos, que es el tiempo, y se tendrá por resultado un cociente 2 que indica que la velocidad es de dos metros por segundo. Señalando con letras los objetos de que acabamos de hablar llamando por ejemplo v la velocidad, t el tiempo, y e el espacio, se tiene la ecuacion

simple $e = v \times t$ que quiere decir que el espacio es igual á la velocidad multiplicada por el tiempo; y se saca de esto $v = \frac{e}{t}$ que espresa que la velocidad es igual al espacio dividido por el tiempo: y en fin $t = \frac{e}{v}$ lo cual quiere decir que el tiempo trascurrido se obtiene dividiendo el espacio recorrido por la velocidad; de todo lo que se infiere que entre las cantidades *tiempo*, *espacio* y *velocidad*, siempre se puede determinar la una cuando se conocen las demas.

MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO. Supongo que no habeis olvidado nada de lo que hemos dicho sobre la significacion de cada una de estas palabras. Mas consideremos la fuerza permanente que produce semejante movimiento, como una serie de impulsos iguales, repitiéndose á cada instante y á intervalos infinitamente pequeños. Admitiendo que cada impulso produzca en el cuerpo una velocidad igual y llamando g esta velocidad, está claro que despues del primer tiempo infinitamente pequeño, la velocidad será $1g$., en el segundo $2g$., en el tercero $3g$. y así sucesivamente. El número total de los instantes, durante los cuales la fuerza obra, puede representarlo la letra t , y en este caso el último término de la serie que suponemos sera tg , que representará la velocidad al cabo del tiempo durante el cual la fuerza hubiese obrado. Mas si se considera que los instantes de que hemos hablado son infinitamente pequeños, se concebirá que habrá un número infinito de ellos en el tiempo determinado que hemos llamado t . En esta serie de velocidades que crecen regularmente, el espacio recor-

rido debe ser el mismo que si la velocidad hubiese sido constante é igual al término medio de todas las velocidades diferentes : este término medio es $\frac{1}{2}gt$. Sabemos que el espacio recorrido es igual á la velocidad multiplicada por el tiempo ; si multiplicamos pues $\frac{1}{2}gt$ por t , tendremos $\frac{1}{2}gt^2$ que espresará el espacio recorrido durante el tiempo t . Como en esta espresion $\frac{1}{2}gt^2$, g puede considerarse á menudo como constante, se concluye de aquí que cuando dos cuerpos se mueven por el efecto de una misma fuerza aceleratriz, los espacios recorridos son como los cuadrados de los tiempos. De aquí esta ley : *Los espacios recorridos con velocidades uniformemente aceleradas son iguales á la mitad de la velocidad multiplicada por el cuadrado del tiempo*, lo cual da $e = \frac{1}{2}gt^2$.

Cuando una fuerza aceleratriz ha ejercido su accion, durante un cierto tiempo, sobre un punto material, y esta accion cesa, el punto material debe quedar animado de la velocidad que tenia en el último instante, y que está espresada por gt : esta es la que se llama *velocidad final*. Mas si se supone que el cuerpo continua moviéndose con esta velocidad, que será desde entonces uniforme, el espacio recorrido en un tiempo dado se espresará por la velocidad multiplicada por el tiempo vt . Sabemos que el valor de v es entonces gt , tendremos, pues, $gt \times t$, ó gt^2 . Siendo gt^2 el doble de $\frac{1}{2}gt^2$ que espresa el espacio recorrido durante el movimiento acelerado, resulta la ley siguiente. *La velocidad final adquirida por un cuerpo que se ha movido con un movimiento uniformemente acelerado, durante*

cierto tiempo, es capaz de hacer recorrer á este cuerpo con movimiento uniforme un espacio doble durante otro tiempo igual.

Obsérvase en los movimientos uniformemente acelerados esta circunstancia particular que los espacios recorridos, durante cada tiempo sucesivo del movimiento, durante cada segundo, por ejemplo, son entre ellos como los números impares 1, 3, 5, 7, etc. En efecto el espacio recorrido durante los dos primeros segundos será el cuadrado de dos ó cuatro ; mas si se quita el espacio recorrido durante el primer segundo, que es uno, quedarán tres para el espacio recorrido durante el segundo tiempo. En tres segundos el espacio recorrido será nueve, cuadrado de 3, y si se quita el espacio recorrido durante los dos primeros segundos, esto es 4, quedará 5, y así sucesivamente, porque la diferencia de los números naturales da la serie de los números impares. Cuando un cuerpo, en el momento en que una fuerza aceleratriz se apodera de él, se hallaba ya dotado de una velocidad uniforme, en el mismo sentido, es menester añadir en cada tiempo del movimiento, el espacio que el cuerpo hubiese recorrido, en virtud del movimiento uniforme de que estaba animado anteriormente.

Exg. — Entiendo perfectamente cuanto acabais de decirme, y ahora veo por que cuando se hace dar vueltas á una rueda que ande libre sobre su eje, aumenta su rapidez á medida que se repiten los golpes, sin que estos sean mas fuertes el uno que el otro.

Teod. — En esta ley teneis la razon de este fenómeno y otros muchos que vereis en lo sucesivo,

cuando tratemos de las fuerzas en particular. Vamos ahora al *Movimiento uniformemente retardado*. Si suponeis que un cuerpo está dotado, en determinado sentido, de una velocidad uniforme, y que va á recibir el impulso de una fuerza aceleratriz en sentido contrario, su velocidad primitiva será sucesiva y uniformemente retardada por el efecto de la fuerza opuesta, así como era acelerada en el caso anterior. Si llamamos a la velocidad uniforme del cuerpo y se busca su velocidad, al cabo de cualquier tiempo t se hallará que es igual á la velocidad primitiva, menos la velocidad final del movimiento acelerado; esto es, se tendrá $v = a - gt$. Lo mismo sucederá por lo que toca al espacio: el que el cuerpo habrá tenido que recorrer con su movimiento uniforme hubiese sido at , el que la fuerza aceleratriz hubiera debido hacerle recorrer en sentido contrario hubiese sido $\frac{1}{2}gt^2$, luego se tendrá $e = at - \frac{1}{2}gt^2$. Concíbese con esta suposición que ha de llegar un momento en que el movimiento uniforme del cuerpo quedará completamente destruido: y si la fuerza aceleratriz cesase entonces de obrar, el cuerpo se quedaría en reposo. Mas si continua su acción, el cuerpo tomará un movimiento uniformemente acelerado, remontándose en la misma línea que había recorrido, y cuando llegará al punto de partida se hallará animado de una velocidad final, igual á la velocidad constante que tenían al partir, pero en sentido contrario. Si en vez de quedarse constante la fuerza aceleratriz, como lo hemos supuesto, para producir el movimiento uniformemente acelerado, experimentase aumento ó disminución,

el movimiento experimentaria tambien modificaciones que dependerán de la ley, segun la cual variase la fuerza aceleratriz, y en este caso se producen los *movimientos varios*. Fáltanos todavía hablar del movimiento *curvilíneo y circular*. Para que haya movimiento curvilíneo es menester que la fuerza única que mueve el cuerpo mude de dirección; ó bien que una de las fuerzas que mueven este cuerpo mude de intensidad, ó en fin que una de dichas fuerzas produzca un movimiento uniforme y otra un movimiento variado. Si suponeis una fuerza cualquiera que obra sobre un punto material durante un instante, y que en el instante siguiente esta fuerza muda de dirección, los dos espacios recorridos se espesarán por dos líneas que harán un ángulo entre ellas. Así la fuerza FC (Fig. 6.)

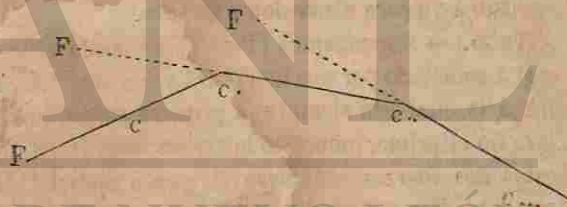


Fig. 6.

hará recorrer en el primer momento el espacio CC , y la misma fuerza en la dirección FC hará recorrer en el segundo tiempo el espacio CC' y en el tercero el $C'C''$. Las líneas pues que espesan los espacios recorridos representarán una figura de muchos ángulos, ó lo que es lo mismo, un polígono cuya forma dependerá de la intensidad de la fuerza y de la ley

de su mudanza de direccion, y si se supone que este cambio de direccion se verifica á cada instante infinitamente pequeño, los lados del polígono serán infinitamente pequeños y el espacio recorrido una curva. Todos los movimientos curvilíneos obedecen estas leyes, y paso por alto dilatarme en ellos, para ocuparos en un caso particular muy importante de movimiento curvilíneo que es el circular, esto es en el que la fuerza aceleratriz constante está siempre dirigida hácia un mismo punto, á pesar del desvío continuo del punto material. Permitidme que todavía os trace figuras matemáticas, porque lo que os voy á decir es indispensable para comprender los movimientos de los astros en particular; y mal astrónomo seriais á su tiempo y mal físico en muchos puntos, si os dejase ignorar estas leyes generales.

EUG. — Proceded como mejor os parezca yo me remisto á vuestra discrecion y método.

TEOD. — Supongamos (Fig. 7) un punto material A solicitado por una fuerza DA y por una fuerza BA á la cual está siempre la primera perpendicular. En el primer momento la accion simultanea de estas dos fuerzas conducirá el punto material al punto *m*. Mas una vez llegado á este punto, la direccion de la fuerza BA se mudará y será B*m*, las dos fuerzas tienden igualmente al punto C; el punto móvil pues será llevado en el instante siguiente al punto *m*. Continuando así en construir los pequeños paralelogramos de las fuerzas para cada uno de los instantes del movimiento, se tendrá una serie de líneas rectas que formarán un polígono regular al rededor del centro C, y la fuerza BC se hallará si-

tuada sucesivamente en todos los rayos de este polígono. Si los

tiempos de acciones son infinitamente pequeños, este polígono será un círculo. Os representareis de una manera sencilla el caso del movimiento circular atando una bola al cabo de un hilo, é imprimiéndole un movimiento al rededor de vuestra mano. En este

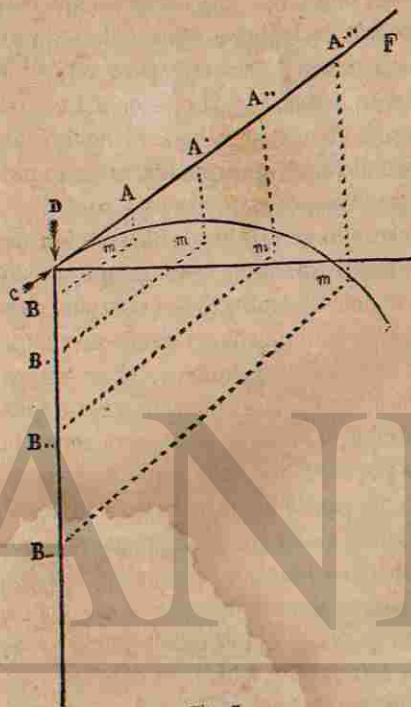


Fig. 7.

caso el hilo que no deja partir la bola representa una fuerza constantemente dirigida hácia la mano á la cual podeis llamar fuerza *centripeta*. Fuerza que tira hácia el centro: la bola, moviéndose al rededor de la mano tiene el hilo tirante, y si fuese debil, lo rompería; todo lo cual prueba que está animada por una fuerza diferente de la del hilo, y como tiende á hacer huir la bola se llama fuerza

centrifuga. Lo mismo sucedería si el punto material se moviese en el interior de una curva sólida circular. La resistencia de la curva representaría la del hilo, ó la fuerza normal necesaria para retener el punto material en la curva, y la presión del cuerpo sobre la curva, la fuerza centrifuga. El movimiento de los cuerpos solicitados por una fuerza de impulsión y por una fuerza centripeta está sometido á una serie de leyes que el cálculo y la observacion han determinado; mas como estas leyes se aplican singularmente á los movimientos de los cuerpos celestes, no trataremos aquí de ellas. Cuando un cuerpo se mueve en una curva cualquiera, si se supone que la fuerza aceleratriz, ó centripeta, cesa de repente en su acción, el cuerpo se moverá según la dirección de la pequeña línea recta que recorría en este instante, y de consiguiente su curso será desde entonces rectilíneo y marchará por la recta que sale de la curva, y se llama *tangente*, pues toca la curva sin cortarla, aunque se prolongue ya de una ya de otra parte, esto os prueba pues que la fuerza centrifuga tiende á apartar del centro los cuerpos. Voy á citaros una porción de hechos palpables que os lo demostrarán á la evidencia. Pongamos una piedra en la honda, démosle algunas vueltas para ganar fuerzas, si después, de propósito ó por acaso, se escapa la piedra, sale por una línea recta, porque cesó la causa que á cada momento la iba encorvando: esta era la cuerda de la honda. Atemos un vaso lleno de agua, de modo que pueda colgarse con cordones como turíbulo, démosle con brio movimiento circular como á la honda, se conservará el agua en el

vaso, y se contendrá sin caer gota, aun cuando el vaso vaya *boca abajo*; la razón es, porque el agua, moviéndose en círculo ha de huir del centro, que es la mano; luego ha de forcejear por unirse con el fondo del vaso, y así no puede caer. Suspendamos una bola, v. g., una naranja con un cordón; démosla movimiento horizontal; pero en círculo, cuanto mayor velocidad la queramos dar mas se apartará hácia los lados, haciendo un círculo mayor (Fig. 8), aunque la cueste levantarse mas. Cuando los muchachos echan arena ó agua sobre un peon que estaba bailando, inmediatamente se esparce esta hácia fuera huyendo del centro. Cuando los caballos van en el picadero sostenidos de la guía, hacen mucha fuerza



Fig. 8.

contra la mano del picador, aunque no quieran, por la fuerza centrifuga. Pongamos dos bolas enfiladas en un alambre bien estendido en la regla (Fig. 9), mientras la regla anduviere alrededor sobre el eje por medio de una cuerda que trabaje en la garrucha *mn*, desde luego van las dos bolas á dar cada una en su estremidad de la regla, huyendo ambas del centro.

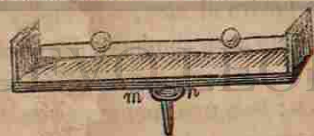


Fig. 9.

Luego todo cuerpo que se mueve en línea curva hace esfuerzos para huir del centro. Veamos ahora: la velocidad tangencial del cuerpo es igual á la que

tenia en la misma curva, en el momento en que la ha dejado: esta velocidad es igual al espacio que recorria, en un tiempo infinitamente pequeño, dividido por este tiempo. Mas basta ya de este punto tan enjuto, y pasemos á otra cosa mas amena.

EUG. — Yo os he escuchado con mucho gusto, porque siempre me he figurado que otro día veré las aplicaciones de estas leyes generales.

TEOD. — Pues bien, hablemos ahora de las potencias ó fuerzas naturales en particular.

§ III.

Dase una idea de la atraccion general, y se trata de la atraccion planetaria en particular.

TEOD. — Sin tener la menor idea clara sobre la física ni las causas de mil fenómenos que han pasado delante de vos, sin duda habeis observado, Eugenio, los hechos de que voy á hablaros. Si echais una piedra al aire, ó rompéis la cuerda que sostiene un peso, ambos á dos cuerpos se van al suelo, mas ó menos de prisa, segun sean mas ó menos ligeros: Veis una fuente que se duerme en un llano, que corre, si el llano hace pendiente, y salta y cae con estrépito formando una cascada cuando su curso llega al borde de una peña. Si meteis vuestro sombrero en el agua se moja, y se lleva una porcion de agua sin entender la que contiene en su cavidad, como se llevaria una porcion de cola caliente, ó de color al olio; si poneis una gota

de agua en contacto de otra se mezclan y confunden no formando desde este momento mas que una; lo mismo y con mas exageracion hace el azogue. Si tomáis aceite de vitriolo y cal, se unen de tal suerte que forman un cuerpo compuesto de ambos á dos, diferente de lo que son cada uno de sus componentes, y es muy difícil separarlos. Tomad el cuerpo sólido que querais, divididlo, y vereis que halláis mas ó menos resistencia para separar sus pedazos, lo cual os prueba que se unen unos á otros con fuerza. Si de la tierra pasáis al cielo, vereis que el sol y la luna nacen y se ponen cada día, para lo cual han de recorrer todo el hemisferio; es decir todo el arco del horizonte en que os halláis: idos á cualquiera parte de la tierra y observareis lo mismo, y aunque os hablaré mas estenso sobre el particular, cuando os dé lecciones de Astronomía y Geografía, sabed que la tierra tiene la forma de un queso. Si la luna, pues, hace en todos los puntos del globo lo que hace en el en que nos hallamos, por fuerza ha de describir un círculo al rededor de la tierra, pues una serie de arcos que son una serie de curvas hacen esta figura ó señalan un movimiento circular. ¿Cómo podeis concebir, pues, que la luna ruede en torno de la tierra, si no comparais su movimiento con el de la honda, esto es, teniendo una cosa que la hace tender á ella, ó que se la une? Si lo que sucede con la luna sucediese con los demas astros, como en efecto sucede en general con las modificaciones que vereis á su tiempo, tendremos que todo el universo entero obedece á una cosa que tiende á aproximarlos. Formaos esta idea y pasad

tenia en la misma curva, en el momento en que la ha dejado: esta velocidad es igual al espacio que recorria, en un tiempo infinitamente pequeño, dividido por este tiempo. Mas basta ya de este punto tan enjuto, y pasemos á otra cosa mas amena.

EUG. — Yo os he escuchado con mucho gusto, porque siempre me he figurado que otro día veré las aplicaciones de estas leyes generales.

TEOD. — Pues bien, hablemos ahora de las potencias ó fuerzas naturales en particular.



§ III.

Dase una idea de la atraccion general, y se trata de la atraccion planetaria en particular.

TEOD. — Sin tener la menor idea clara sobre la física ni las causas de mil fenómenos que han pasado delante de vos, sin duda habeis observado, Eugenio, los hechos de que voy á hablaros. Si echais una piedra al aire, ó rompéis la cuerda que sostiene un peso, ambos á dos cuerpos se van al suelo, mas ó menos de prisa, segun sean mas ó menos ligeros: Veis una fuente que se duerme en un llano, que corre, si el llano hace pendiente, y salta y cae con estrépito formando una cascada cuando su curso llega al borde de una peña. Si meteis vuestro sombrero en el agua se moja, y se lleva una porcion de agua sin entender la que contiene en su cavidad, como se llevaria una porcion de cola caliente, ó de color al olio; si poneis una gota

de agua en contacto de otra se mezclan y confunden no formando desde este momento mas que una; lo mismo y con mas exageracion hace el azogue. Si tomáis aceite de vitriolo y cal, se unen de tal suerte que forman un cuerpo compuesto de ambos á dos, diferente de lo que son cada uno de sus componentes, y es muy difícil separarlos. Tomad el cuerpo sólido que querais, divididlo, y vereis que halláis mas ó menos resistencia para separar sus pedazos, lo cual os prueba que se unen unos á otros con fuerza. Si de la tierra pasáis al cielo, vereis que el sol y la luna nacen y se ponen cada día, para lo cual han de recorrer todo el hemisferio; es decir todo el arco del horizonte en que os halláis: idos á cualquiera parte de la tierra y observareis lo mismo, y aunque os hablaré mas estenso sobre el particular, cuando os dé lecciones de Astronomía y Geografía, sabed que la tierra tiene la forma de un queso. Si la luna, pues, hace en todos los puntos del globo lo que hace en el en que nos hallamos, por fuerza ha de describir un círculo al rededor de la tierra, pues una serie de arcos que son una serie de curvas hacen esta figura ó señalan un movimiento circular. ¿Cómo podeis concebir, pues, que la luna ruede en torno de la tierra, si no comparais su movimiento con el de la honda, esto es, teniendo una cosa que la hace tender á ella, ó que se la une? Si lo que sucede con la luna sucediese con los demas astros, como en efecto sucede en general con las modificaciones que vereis á su tiempo, tendremos que todo el universo entero obedece á una cosa que tiende á aproximarlos. Formaos esta idea y pasad

en revista todos los hechos alegados. Hay una cosa que aproxima al suelo la piedra echada al aire, el cuerpo de la cuerda rota; el agua de la fuente; el agua del estanque al sombrero que la ha tocado; la gota de agua á la otra gota, la de azogue á su semejante, el aceite de vitriolo á la cal, las moléculas del sólido á sus compañeras; la luna á la tierra, la tierra al sol, y unas estrellas á otras; de suerte que, segun podeis deducirlo, todo el universo entero obedece á esta cosa, y por ella todo se aproxima ó tiende á aproximarse. Nadie sabe en que consiste la naturaleza de esta cosa, y con su esplicacion se han estrellado grandes físicos, mas ó menos célebres tanto por sus talentos y estudios, como por sus solemnes quimeras sistemáticas. Uno tan solamente, Isaac Newton, inglés de nacion, concibió el primero la idea mas general y mas importante que haya iluminado desde su origen las ciencias naturales. Habiendo observado con atencion todos los hechos que os he indicado y otros muchos análogos, llegó á pensar que todas las partículas materiales del universo estan animadas de una fuerza en virtud de la cual tienden á aproximarse estrechamente, y lo verifican siempre que no hay ningun obstáculo insuperable, y llamó á esta fuerza *atraccion*, para indicar que las moléculas, cuando se aproximan se atraen; mas poned cuidado en el pensamiento real de Newton; porque ya adivino en Silyio sus ganas de hacerme una objecion muy justa. El grande pensador inglés no quiso decir con esto que las moléculas se atraen ejerciendo una fuerza de atraccion; sino que *como si se atrajesen, como si ejerciesen esta fuerza de atrac-*

cion, pues se portan como si tal cosa hiciesen, y dejando á un lado la cuestion enmarañada de la naturaleza y pertenencia de esta fuerza, se aplicó al estudio de las leyes que la rigen, y en esto fué grande, en esto arrojó sobre la física, torrentes de luz que duran todavía con todo su esplendor, y que alumbran la luz misma, y en esto nos hizo un inmensísimo servicio puesto que lo que nos importa no es saber la naturaleza de esta atraccion, sino sus leyes. Así pues, Eugenio, nosotros adoptaremos la idea de Newton como la adoptan todos los físicos actuales; la adoptaremos bajo este sentido, y nos serviremos de las palabras atraccion y repulsion para la facilidad del lenguaje. En los hechos que he indicado habeis podido observar que la atraccion parece ejercerse con algunas modificaciones: ya hace caer los cuerpos hácia la tierra; ya une un cuerpo con otro; ya las moléculas de uno con las del mismo; ya en fin hace rodar los astros unos al rededor de los otros. Aunque en último resultado todos son efectos de la atraccion, lleva esta fuerza diferentes nombres conforme sea su modo de obrar, ó las circunstancias en que se ejerce y el género de efectos que produce. Cuando se ejerce entre los globos celestes que componen nuestro sistema planetario, la llaman *gravitacion* ó *atraccion planetaria*; cuando hace caer ó tira los cuerpos hácia la superficie de la tierra se llama *atraccion terrestre* ó mas breve *gravedad* ó pesadez. Cuando pega y retiene dos cuerpos diferentes y de pequeño volumen, como dos pedazos, uno de papel, otro de madera unidos con la cola, se llama *adhesion*; cuando sostiene las molé-

culas de un mismo cuerpo entre sí, *cohesion ó atraccion de agregacion*, como la piedra de granito que está formada de un grano unido á otro grano, y este á otro y así sucesivamente, y por último *afinidad, ó atraccion de composicion* cuando reúne dos particulas materiales de naturaleza diferente, mudando sus propiedades; como lo de la cal con el aceite de vitriolo. Vamos á ver cada una de estas fuerzas ó por mejor decir esta fuerza en cada una de estas diferentes circunstancias, y empecemos por la atraccion planetaria. Esta gravitacion se prueba por lo que poco hace os he dicho y vuelvo á repetir en otros términos. Siempre que un cuerpo se mueve en giro alrededor de otro, tiene fuerza centrípeta, esto es, fuerza que le empuja hácia el centro, pues á no ser por eso seguiria la linea recta, que es la mas natural y sencilla; y es bastante claro que un cuerpo que siempre va torciendo el camino hácia una parte, tiene causa que le obliga á torcer ó inclinarse hácia ella. Esta causa, pues, que hace á la luna torcer siempre el camino inclinándose á la tierra, y girando siempre alrededor de ella (como la piedra en la honda alrededor de la mano, y el caballo con el roncal alrededor del picador) esta fuerza de inclinacion hácia la tierra es la gravitacion, la atraccion de la tierra sobre la luna, y atended, que cuando decimos que la luna es atraida por la tierra, no pretendemos otra cosa sino que hay una fuerza que siempre la empuja hácia ella. Por el mismo discurso se ve que los satélites de Júpiter (esto es, especies de lunas que giran alrededor de este astro, especie de otra tierra), gravitan hácia Júpiter, y los de Saturno hácia

este planeta; de lo contrario no podrian girar alrededor de ellos, pues por la proposicion primera sentada, cuando un cuerpo voltea alrededor de otro, siempre hay una fuerza que le impele hácia el centro, y le hace doblar el camino á cada paso, pues si no fuera así seguiria con el impulso su camino derecho.

EUG. — En eso ya estoy: continuad.

TEOD. — Y como todos los planetas giran alrededor del sol, por este método se prueba que todos tienen fuerza que los impele hácia él, y no les deja seguir las lineas rectas de sus proyecciones: á esta fuerza se llama gravitacion hácia el sol. Ahora es menester que sepais las leyes de esta atraccion, y vaya la primera que yo establezco. *Conforme es la masa ó cantidad de materia del cuerpo que atrae ó que está en el centro, así es la fuerza con que se mueve hácia ella el cuerpo atraido que gira alrededor.* V. g. un cuerpo colgado á igual distancia sobre la tierra y la luna, con mas velocidad caeria hácia la tierra que hácia la luna. La razon es, porque siendo esta ley de la atraccion general y mútua, todas las partes de materia atraen y tiran de todas las otras. Luego las particulas de materia que hay en la tierra, como son muchas mas que las de la luna, harán todas juntas una fuerza de atraccion mucho mayor en aquella que en esta; y así tirando una y otra fuerza de un cuerpo puesto á igual distancia de ambas, mas velozmente ha de obedecer á la atraccion de la tierra que á la de la luna. Pongamos algun ejemplo práctico. Una piedra iman cuanto mayor es con tanto mayor fuerza tira á sí el

hierro, porque son mas las partículas atrayentes, y mayor la fuerza atractiva. Otro ejemplo : si ponemos en dos barquillas ligeras dos piedras imanes desiguales á distancia y en postura que recíprocamente se atraigan, ambas se moverán hasta juntarse ; pero la mas pequeña se moverá con mas velocidad, y obedecerá mas prontamente, porque la fuerza atrayente de la otra es mayor. Luego establecida esta mutua atraccion entre dos planetas, si los dejasen libremente obedecer á ella, el mas pequeño se moveria con mayor ligereza, siendo tanto mayor la velocidad en él, cuanto el otro le escede en masa ó en la fuerza atrayente proporcionada á la masa.

EUG. — Tambien admito esa proposicion fácilmente, y se deduce de los principios establecidos, y hasta Silvio con su silencio da muestras de aprobarlos.

SILV. — Supuestos los principios sobre que Teodosio discurre, las proposiciones que va sentando son consecuencias necesarias,

TEOD. — Todavía falta otra ley, y viene á ser, que esta atraccion mengua, y se disminuye á proporcion que se aumenta el cuadrado de la distancia á que está el cuerpo.

EUG. — Eso no lo entiendo.

TEOD. — No me acuerdo de si os esplicé ya qué cosa era número cuadrado. Número cuadrado es el producto de cualquier número multiplicado por sí mismo. V. g., 4 es cuadrado, porque es el producto de 2 multiplicado por 2 : del mismo modo 9 es número cuadrado, porque 3 multiplicado por sí mismo da 9. El número que se multiplica se llama raiz

cuadrada, y el producto número cuadrado. Para ver si me habeis entendido quiero que me señaleis algunos números de esta clase.

EUG. — Creo que son cuadrados todos estos 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100.

TEOD. — Habeis acertado, porque 2 multiplicado por sí da 4; 3 multiplicado por sí da 9, 4 multiplicado por sí da 16, 5 multiplicado por sí da 25, etc. Pues ahora ya que hemos tocado esto será bien que digamos lo que será preciso de aquí á poco. Ya sabeis qué número cuadrado es el producto de un número multiplicado por sí mismo, ¿mas sabeis qué quiere decir número cúbico ?

EUG. — No.

TEOD. — Número cúbico es el producto del número cuadrado multiplicado por su raiz ; por ejemplo : 9 es número cuadrado, y su raiz es 3 : multiplicad 9 por 3, y se hará número cúbico.

EUG. — De ese modo 27 es número cúbico, porque 3 veces 9 dan 27.

TEOD. — Así es. Por tanto, cuando querais hacer un número cúbico no teneis mas que tomar cualquier número, v. g. 2, y multiplicarlo por sí mismo, de que resulta 4, que es número cuadrado : volved á multiplicar ese 4 ó número cuadrado por el primer número 2 que llamamos raiz, y sale 8, porque 4 por 2 dan 8.

EUG. — Por esa cuenta el número cúbico formado de la raiz 2 es 8, como decís : el número cúbico formado de la raiz 3 es 27, porque 3 por 3 son 9, y 9 por 3 son 27 : el número cúbico de 4 son 64, porque 4 por 4 son 16, y 16 otra vez multiplicado por

4 son 64. Ya veo que los números cúbicos crecen muy apriesa.

TEOD. — Así es; y entendido eso os será fácil entender lo que voy á decir. Un cuerpo puesto sobre la tierra á diversas alturas no en todas tiene el mismo peso ó fuerza para venir á la tierra. Junto á ella la fuerza es mayor; pero allá á una gran distancia es menor esta fuerza; y si quereis saber puntualmente cuanto es menor allá arriba, reducid esas distancias á número de brazas ó leguas, haciendo de cada una su número cuadrado, y la diferencia de los dos números os mostrará la diferencia de la atraccion en esas distancias. Pongamos un ejemplo: una bola de cualquier materia puesta en la cercanía de la tierra dista del centro de ella un semidiámetro, y dejada á su libertad correria en un minuto segundo 15 pies y medio: si la levantamos á lo alto, de suerte que diste del centro de la tierra dos semidiámetros, ya su peso se disminuye la cuarta parte, y en el mismo tiempo bajaria la cuarta parte de aquel espacio.

EUG. — ¿Y por qué?

TEOD. — Yo os ajustaré la cuenta: ese cuerpo puesto en la cercanía de la tierra dista del centro de ella un semidiámetro, y levantado á la otra altura dista dos. Hagamos, pues, los cuadrados de esos dos números 1 y 2. El cuadrado de 1 siempre es 1, porque 1 multiplicado por 1 nunca pasa de 1: el cuadrado de 2 es 4; luego las gravedades de aquel cuerpo en las diversas alturas son como 1 y 4, esto es, allá arriba es cuatro veces menor; y si distare del centro de la tierra tres semidiámetros, la grave-

dad allí ha de ser nueve veces menor, porque el cuadrado de 3 es 9.

EUG. — Ya lo entiendo.

TEOD. — Supongamos ahora que el cuerpo se levantara á tanta altura como está la luna, y que distase del centro de la tierra 60 semidiámetros; entonces el peso seria 3600 veces menor que en la cercanía de la tierra, porque el cuadrado de 60 es 3600, y por consiguiente el espacio que bajaria en un minuto seria 3600 veces menor que estando acá en la cercanía de la tierra. V. g., acá junto á nosotros un cuerpo cayendo libremente (sin atender á la resistencia del medio) en un minuto primero correria á causa de la aceleracion ¹ 54000 pies (no hago caso de algunos quebrados para hacer la cuenta mas perceptible). Este mismo cuerpo levantado á la altura de 60 semidiámetros correria en igual tiempo un espacio 3600 veces menor, que vienen á ser 15 pies. Tan debil es en esa altura la gravedad hácia la tierra. ¿Percibis esto?

EUG. — Sí, lo percibo; y ya veo como *la atraccion se disminuye á proporcion que crece el cuadrado de la distancia del cuerpo respecto del centro de aquel hácia el cual se inclina y pesa.*

¹ Supuesta la ley constantemente observada y demostrada de la aceleracion de los graves cuando caen, siguiendo la razon de los números 1, 3, 5, etc., al fin de cualquier espacio de tiempo los espacios de altura corridos por los graves cuando descienden son como los cuadrados de los tiempos: el cuadrado de 60 segundos es 3600, y multiplicado por los 15 1/2 pies que el cuerpo corrió en el primer segundo hace 55,800 pies. Mas para facilitar el cálculo despréciase el 1/2 pie, y haciéndose solo cuenta de los 15, que el grave bajó en el primer segundo, se hallará que en el minuto entero correrá 54000 pies. 1

TEOD. — Entendida la ley, resta probar que en realidad sucede como he dicho. Bien podria yo probarla geoméricamente¹. Pero vosotros no entenderéis esta prueba: valdréme, pues, de la esperiencia. Ya queda establecido que siempre que un cuerpo gira alrededor de otro tiene alguna fuerza que le empuja hácia él: de lo contrario no iria siempre torciendo su camino, antes marcharia derecho adelante; y como los satélites de Júpiter giran alrededor de él, no podeis negar que hácia él son atraidos. Pero no todos lo son igualmente, porque no estan todos á una misma distancia del planeta: examinando, pues, estas atracciones, y comparándolas entre sí, hallamos que se disminuyen en razon de lo que crecen los cuadrados de las distancias. Lo mismo se observa constantemente en los satélites de Saturno. Pues ahora, comparando igualmente entre sí las fuerzas con que cada uno de los plane-

¹ Todo cuerpo que difunde su accion ó virtud á alguna distancia, la difunde en contorno, siendo el espacio que esta virtud ocupa una como esfera, cuyo centro es el cuerpo. Quanto es mayor la distancia á que se estiende la virtud (sea de olor, de calor, de atraccion ú otra cualquiera), tambien esta esfera de actividad es mayor. Ahora bien, es claro que quanto mayor fuere el espacio por donde se derraman las particulas ó rayos que obran, menor ha de ser la virtud de esa accion. Y como los rayos se desparraman por toda la superficie de la esfera de actividad, quanto mayor fuere esta superficie, mas debil debe ser la virtud de la accion. Luego siendo cierto por la geometría que las superficies de las esferas crecen en razon duplicada de los radios ó distancias del centro, que es lo mismo que en razon de los cuadrados de estas distancias, se sigue que en esa misma razon de los cuadrados de las distancias se minorará la virtud del cuerpo que está obrando, ó la fuerza de su accion; así que tanto la luz, como el calor, el olor, y aun la atraccion, todo debe disminuirse á proporcion del aumento de los cuadrados de las distancias, que es lo mismo que minorarse en razon inversa de estos cuadrados.

tas es atraido hácia el sol, hallamos que tambien se disminuyen en esta proporcion. Ultimamente, si comparamos la atraccion de la luna hácia la tierra con el de los cuerpos terrestres hácia la tierra misma, hallamos que se observa la misma ley. El caso que poco ha supuse de un cuerpo que levantado hasta la altura de la luna habia de caer en un minuto entero hácia la tierra no mas de 15 pies, no es fingido sino verdadero, porque eso es lo que cae la luna hácia la tierra en cada minuto.

SILV. — ¿Cómo es eso? ¿Pues acaso la luna cae hácia nosotros?

TEOD. — No os asusteis que no os caerá sobre la cabeza. Ya no podeis negar que la luna es atraida hácia la tierra, porque si gira alrededor de ella, tiene conforme á lo concedido (proposicion primera) una fuerza que la empuja hácia la tierra, y que hace que siempre vaya torciendo el camino inclinándose hácia la parte de ella, como el caballo se inclina hácia el picador. Ahora resta averiguar quanto es atraida; pero el modo con que se averigua quanto lo es en determinado tiempo un cuerpo que se mueve alrededor de otro, es este. Hagamos un diseño ligero (Fig. 10) para que me entendais me-

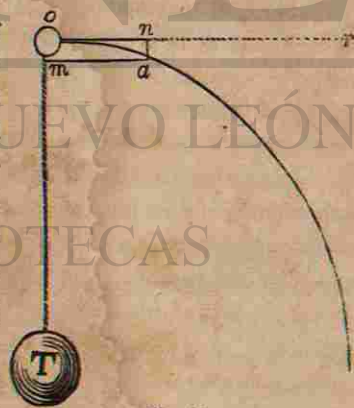


Fig. 10.

jor. Supongo á la tierra aquí en *T* y á la luna en *o*. Si la luna no tuviera allí otro impulso á que obedecer sino el de su proyeccion, ó de la fuerza del movimiento concebido, iria por la linea *o n*, y se alejaría de la tierra: del mismo modo, si puesta en *o* no tuviese otro impulso mas que el de la atraccion hácia la tierra, caería derecha abajo por la linea *o m T*; mas como á un tiempo se halla con estas dos determinaciones de movimiento, una del impetu concebido que la impele por la linea *o n*, otra de la atraccion que la empuja por la linea *o m*, tiene que obedecer á ambas acciones, y así se mueve por la diagonal *o a*.

EUG. — Todo eso es conforme á lo que en otro tiempo me enseñasteis sobre la composicion del movimiento.

TEOD. — De este modo teniendo yo la linea que la luna describe alrededor de la tierra, sé la proporcion que tiene la fuerza con que pesa hácia la tierra, la cual corresponde á la linea *o m*, respecto de la fuerza de la proyeccion que pertenece á la linea *o n*. Ademas de eso, sabiendo yo cual es el arco que la luna hace en el espacio de un minuto, puedo considerarle como una linea recta, en lo cual no hay engaño notable; siendo la porcion muy pequeña, y suponiendo que es diagonal de un paralelogramo recto, conozco cuáles son los lados. En el lado que coincide con la linea *o n r* hallo cuanto se movió en fuerza del impulso de la proyeccion durante ese minuto; y en el lado que es perpendicular á la tierra conozco cuanto se movió en virtud de la atraccion, y el espacio que en ese tiempo cayó ó se inclinó la

luna hácia la tierra. Dividiendo, pues, la órbita de la luna en dias, horas y minutos, se halla que en cada minuto cae la luna hácia la tierra 45 pies y medio, que es lo mismo que un cuerpo en la cercanía de la tierra bajaria en solo un minuto segundo; y de este modo la atraccion de la luna en esa distancia viene á ser 5600 veces menor que la de los cuerpos que estan cercanos á la tierra, siendo la disminucion puntualmente proporcionada al aumento del cuadrado de la distancia de la luna respecto de la de los cuerpos próximos á la tierra. ¿Qué decis á esto, Silvio?

SILV. — Yo de matemáticas no entiendo palabra; pero vos armáis esas cuentas de modo que me parece que teneis razon.

TEOD. — Estas cuentas cuando salen tan justas, que lo mismo que el cálculo daba acá por la especulacion, es puntualísimamente lo que hallamos por la práctica en el movimiento de la luna, os digo en verdad que hacen á un hombre quedar suspenso. ¿Qué decis, Eugenio?

EUG. — Todo lo he entendido: solo no me acomodo mucho con lo que habeis dicho de que la luna cae hácia nosotros los 45 pies y medio; siendo así que no está mas cerca de lo que estaba antes.

TEOD. — No os embaraceis en el modo de hablar. Bien percibís como en un minuto corre la luna la diagonal del paralelogramo que os mostré; ¿y cómo puede correrla sin bajar de la linea *o n* tanto como vale *o m*, ó *n a*, bien que la luna no se halle mas cerca de la tierra, porque la fuerza centrifuga

no lo consiente? Por tanto la fuerza de la atraccion de la luna se mide en la linea om ; porque si no hubiese esta atraccion la luna iria derecha por on ; luego la atraccion es quien la empujó hácia abajo, y la hizo encorvarse; y como la luna se desvió del camino que queria seguir tanto como vale el espacio de om ó na , por eso se mide ahí la accion de la atraccion. De suerte, que la atraccion siempre empuja la luna hácia la tierra, y pretenderia hacerla llegarse mas á ella al valor de la linea om ; pero esto solo lo conseguiria la atraccion si se hallase sola y sin contrario; mas hallóse con fuerza centrífuga igual; porque si la luna á causa del movimiento concebido fuese por la linea recta on , al fin del minuto ya distaria de la tierra mas de lo que distaba antes, el valor de la linea an igual á om . En estos términos contienden las dos fuerzas iguales entre sí, y lo mas que puede hacer la atraccion es que la luna no se aleje de la tierra mas de lo que estaba; y lo que pudo conseguir la fuerza centrífuga fué que la luna no se acercase mas á la tierra; pero en la linea om conocemos quanto queria acercarse la luna, y en la linea na echamos de ver quanto queria huir. Ved aquí lo que sucede en realidad: y está claro lo que queremos dar á entender cuando decimos que la luna cayó en ese tiempo por la linea om ; que es decir lo que se apartó de la linea on hácia abajo.

EuG. — Ahora lo entiendo bien.

TEOD. — Esto supuesto, del mismo modo se averigua la fuerza de la atraccion de eualquier planeta hácia el sol y de eualquier satélite hácia su planeta primario; porque conocida la linea circular y el

tiempo en que la describen, se viene en conocimiento de la fuerza que los obliga á dejar la linea recta, y moverse en giro; y esta fuerza es la de la atraccion.

SILV. — En todos es una misma la razon que habeis dado para la luna: ahora pregunto, si se observa en ellos constantemente esta disminucion de la atraccion á proporcion que crece la distancia.

TEOD. — A proporcion que crece la distancia no; pero á proporcion de lo que crece el cuadrado de las distancias eso sí. Pongamos ejemplo en los satélites de Júpiter: tómanse las distancias de todos cuatro: hácense los números cuadrados de cada distancia, y se observa fielmente que en esa proporcion se disminuye la atraccion y su efecto, que por eso quanto mas lejos estan de Júpiter mas despacio andan, porque en cada minuto caen menos ó fuercen menos el camino inclinándose hácia el planeta; y torciendo menos el camino es preciso mas tiempo y espacio para cerrar el círculo, y volver al principio. Lo mismo sucede en Saturno, y lo mismo en todos los planetas respecto del sol. De donde se saca una prueba convincente de la regla que os di: *que en los planetas la gravitacion disminuye en la misma proporcion en que crece el cuadrado de sus distancias*. Cuando tratemos de la astronomia, donde esplicaremos los movimientos de los astros debidos á esta fuerza de atraccion, haremos aplicaciones mas minuciosas y adecuadas, y os instruiré sobre las leyes de Kepler que rigen aquellas masas. Por ahora dejemos á parte el cielo y vengamos á la tierra, examinando la atraccion en quanto determina

á todos los cuerpos que se alejan de su superficie á volver á ella.

§ IV.

Trátase de la pesadez ó gravedad.

EUG. — Decidme, Teodosio, ¿ es lo mismo *gravedad* ó *pesadez*, que *peso*?

TEOD. — No, y es preciso que hagais diferencia de ello, pues la *gravedad* es la causa y el *peso* es el efecto. La *gravedad* es la fuerza que tira las moléculas de un cuerpo hácia la superficie de la tierra, y el *peso* es la suma total de las fuerzas que solicitan las partículas materiales que componen el cuerpo y obran contra un obstáculo ó una resistencia.

EUG. — Otra dificultad se me ocurre. Me habeis dicho que la atraccion obra entre dos cuerpos en razon de sus masas; esto es, que el que tiene mas atrae al que tiene menos: con todo no hay mas que dar una ojeada por la superficie de la tierra para convencerse de lo contrario; yo tengo, entre otros ejemplos que pudiera citaros, menos masa que vuestra casa, con todo vuestra casa no me atrae y puedo alejarme de ella á medida de mi antojo.

TEOD. — No extraño que me hagais esta objecion porque es la primera que ocurre, cuando uno no se ha hecho las debidas consideraciones sobre las circunstancias particulares de la atraccion terrestre. La tierra tiene una masa considerable, pues

su diámetro, esto es, su distancia de un punto de su superficie al otro opuesto es de 2864 leguas comunes; los cuerpos cuya pesadez podemos examinar tienen una masa sobre manera pequeña relativamente á la de la tierra y distan muchísimo de su centro. Ahora bien, aun cuando los cuerpos de grande masa ejerzan su accion sobre los de masa menor, como la del mayor es sumamente inferior á la de la tierra entera, todos obedecen á esta, y parece que se mueven solo, atraidos por la tierra. Os pondré un ejemplo palpable para hacerlos comprender. Vos, como mayor que un niño, si este tirase de un hilo atado á una bola hácia un lado, y vos de otro hilo atado á la misma bola tirárais con toda vuestra pujanza por otro; ¿ á quien obedecería la bola?

EUG. — A mi: y la fuerza del niño sería casi nula.

TEOD. — Con todo, si no hubiese vuestra fuerza el niño movería la bola. Lo mismo pues acontece con los cuerpos de la tierra: la fuerza de atraccion del globo terraquéo es estremadamente superior á la de todos los demas cuerpos que en él se hallan, y los movimientos que tienden á producir las atracciones recíprocas de las pequeñas masas que se mueven en su superficie estan sufocadas por aquella. Si no hubiese aquí mas que esta casa, si ella constituyese el globo, os atraeria hácia ella por arriba, por abajo, por derecha y por izquierda. Y os voy á decir un hecho que os acabará de demostrar lo que ando diciendo. Las grandes desigualdades de la superficie de la tierra pueden desarreglar de una ma-

á todos los cuerpos que se alejan de su superficie á volver á ella.

§ IV.

Trátase de la pesadez ó gravedad.

EUG. — Decidme, Teodosio, ¿ es lo mismo *gravedad* ó *pesadez*, que *peso*?

TEOD. — No, y es preciso que hagais diferencia de ello, pues la *gravedad* es la causa y el *peso* es el efecto. La *gravedad* es la fuerza que tira las moléculas de un cuerpo hácia la superficie de la tierra, y el *peso* es la suma total de las fuerzas que solicitan las partículas materiales que componen el cuerpo y obran contra un obstáculo ó una resistencia.

EUG. — Otra dificultad se me ocurre. Me habeis dicho que la atraccion obra entre dos cuerpos en razon de sus masas; esto es, que el que tiene mas atrae al que tiene menos: con todo no hay mas que dar una ojeada por la superficie de la tierra para convencerse de lo contrario; yo tengo, entre otros ejemplos que pudiera citaros, menos masa que vuestra casa, con todo vuestra casa no me atrae y puedo alejarme de ella á medida de mi antojo.

TEOD. — No extraño que me hagais esta objecion porque es la primera que ocurre, cuando uno no se ha hecho las debidas consideraciones sobre las circunstancias particulares de la atraccion terrestre. La tierra tiene una masa considerable, pues

su diámetro, esto es, su distancia de un punto de su superficie al otro opuesto es de 2864 leguas comunes; los cuerpos cuya pesadez podemos examinar tienen una masa sobre manera pequeña relativamente á la de la tierra y distan muchísimo de su centro. Ahora bien, aun cuando los cuerpos de grande masa ejerzan su accion sobre los de masa menor, como la del mayor es sumamente inferior á la de la tierra entera, todos obedecen á esta, y parece que se mueven solo, atraidos por la tierra. Os pondré un ejemplo palpable para hacerlos comprender. Vos, como mayor que un niño, si este tirase de un hilo atado á una bola hácia un lado, y vos de otro hilo atado á la misma bola tirárais con toda vuestra pujanza por otro; ¿ á quien obedecería la bola?

EUG. — A mi: y la fuerza del niño sería casi nula.

TEOD. — Con todo, si no hubiese vuestra fuerza el niño movería la bola. Lo mismo pues acontece con los cuerpos de la tierra: la fuerza de atraccion del globo terraquéo es estremadamente superior á la de todos los demas cuerpos que en él se hallan, y los movimientos que tienden á producir las atracciones recíprocas de las pequeñas masas que se mueven en su superficie estan sufocadas por aquella. Si no hubiese aquí mas que esta casa, si ella constituyese el globo, os atraeria hácia ella por arriba, por abajo, por derecha y por izquierda. Y os voy á decir un hecho que os acabará de demostrar lo que ando diciendo. Las grandes desigualdades de la superficie de la tierra pueden desarreglar de una ma-

nera notable la direccion de la *plomada*, de la cual os hablaré luego, y no puede hallarse rigurosamente exacta, sino en medio de la mar, pues se ha observado que cerca de una grande montaña la plomada se desviaba sensiblemente hácia ella, y esto no podía ser sino por el efecto de esta grande masa material que llegaba á luchar con su fuerza de atraccion contra la fuerza de la superficie que la tiraba hácia abajo.

EUG. — Estoy satisfecho, y dadme noticias sobre la pesadez, pues me parece que ha de ser muy curioso este punto.

TEOD. — Todos los cuerpos que se alejan accidentalmente de la superficie del globo se acercan á ella en linea recta normal á la superficie de la tierra, esto es perpendicular á la superficie esférica de esta tierra, no haciendo aquí atencion á las desigualdades que pueda presentar. Esta linea se llama *vertical*, y como la tierra representa á poca diferencia una esfera, resulta que todas las lineas por las cuales caen los cuerpos sobre los diferentes puntos de la superficie del globo, tienden hácia su centro donde se hallan en la prolongacion de uno de los rayos de la esfera. Sin embargo como el rayo de la tierra es de 4,452 leguas, resulta que dos lineas, verticales vecinas la una de la otra, son sensiblemente paralelas. Aquel albañil que veis allá construyendo una pared está apuradamente haciendo aplicacion práctica de lo que os digo. Suspendiendo la pesa del cordel que tiene en la mano, que se llama la *plomada*, obtiene de un modo seguro la direccion vertical de la pared que construye, y se asegura de que

está bien á plomo y por lo mismo de que no se caerá. Para formaros una idea bien neta de esta tendencia de todo cuerpo hácia el punto central de la tierra, es necesario tener presente este principio: *Si todas las partículas de una esfera ejercen una atraccion igual sobre un mismo punto material situado fuera ó dentro de esta esfera, la resultante comun de todas estas fuerzas pasará por el centro de la esfera.* Concíbese fácilmente la verdad de esta proposicion. Representándose la idea de que en virtud de la simetria del sólido esférico, cualquiera punto que se quiera tomar por ejemplo de un lado de la esfera, se hallará siempre necesariamente, en el lado opuesto, otro punto situado rigurosamente del mismo modo; de consiguiente la resultante de las fuerzas ejercidas por estos dos puntos pasará por el centro, y otro tanto puede decirse de todos los puntos materiales que componen la esfera. Resulta de esta consideracion que aun cuando sea la gravedad en efecto un resultado de una cantidad innumerable de fuerzas que obran á la vez sobre un mismo cuerpo, siempre puede considerarse como una fuerza única, cuya direccion pasase por el centro de la tierra. Todo lo que os acabo de decir sobre la direccion de la gravedad no es rigurosamente exacto, porque la tierra no tiene en realidad la forma esférica como ya os he dicho, sino que está aplastada por sus polos ó puntos por donde pasa su eje, figuraos un queso de Holanda atravesado por un hierro; este hierro representa el eje de la tierra, y los puntos por donde sale del queso sus polos; pues bien, desde el centro de la tierra hasta estos puntos hay

15 leguas menos de distancia que desde dicho centro á la parte no chata de la tierra que se llama ecuador. Así pues el centro de la tierra no es único, y varia segun en que punto de la tierra se hagan los esperimentos; pero es tan poca cosa que no vale la pena de mentarlo. Hablemos ahora de otro punto no menos interesante: la *intensidad de la pesadez*. Para apreciarla es preciso considerar la velocidad ó aceleracion que produce en tiempos determinados, veamos pues las leyes y propiedades de esta aceleracion. Ya sabéis que *aceleracion* quiere decir apresurarse el movil corriendo cada vez con mayor velocidad. Cuando una piedra ó una naranja viene cayendo por el aire, siempre se viene apresurando cada vez mas, como un hombre que principiando á pasear muy pausadamente, despues ya va mas ligero; luego aprieta el paso, y últimamente corre, esto es lo que llamamos aceleracion. Dividamos pues el tiempo en minutos, segundos, v. g., y cada segundo en momentos. El movil que cae libremente si corre un punto en el primer momento, en el segundo correrá mas y mas en el tercero; mirad la G (Fig. 11). Estos espacios son los mismos, bien se pinten en linea seguida ó entrecortada G, ó bien en lineas paralelas, como en A (Fig. 12), la que como veis hace un triángulo. Este triángulo pues representa todos los espacios que se corrieran durante el primer minuto A. En el principio del segundo minuto B el movil tendrá mayor

ig. 11. velocidad que en el fin del primero A; y por

eso el espacio que corresponde al primer momento de ese minuto, ha de ser un poco mayor que la última linea del primer triángulo, y estas lineas han de ir creciendo por todos estos momentos como aquí se pinta en BO. Esta figura, que en geometría se llama trapecio, representa todos los espacios corridos, solo durante el segundo

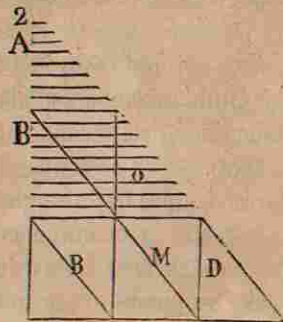


Fig. 12.

minuto, en todos sus momentos; pero si cortamos todas esas lineas por la medida última del primer minuto, queda una especie de cuadrado B, y además un triángulo O, el cual es igual al primero A, y al mismo tiempo el cuadrado B vale dos triángulos iguales á A: luego todos los espacios corridos por el grave durante el segundo minuto valen tres veces el espacio A, corrido mientras duró el primer minuto. Continuemos la representacion de estos espacios en figuras semejantes: el espacio corrido en el primer momento del tercer minuto ha de ser mayor que fué en el último del precedente BO, y han de ir creciendo siempre; por consiguiente contando todos estos espacios por el tamaño del último del segundo minuto tendremos dos cuadrados BM, y además un nuevo triángulo D, hecho de los acrecimientos; y así los espacios corridos en solo el tercer minuto son cinco tantos del primer minuto. La misma demostracion sirve para los demas tiempos,

y por esto los espacios corridos por el grave descendente en tiempos iguales son como 1, 5, 5, 7, 9, 11, 13 etc.

EUG. — Puesta esta doctrina, bien se advierte que si no hubiera embarazo alguno se iría la velocidad aumentando sin término alguno.

TEOD. — No obstante, aquí en las cercanías á la tierra siempre hay aire que romper cuando el grave va cayendo, y quanto mas aire hay que cortar mayor resistencia se halla: de aquí proviene que despacio se puede llevar una vela encendida; mas si se quiere apresurar el paso se apagará, porque la resistencia que el aire hace cuando quieren dividirle con velocidad es bastante para apagarla. Debe, pues, resistir el aire á la caída del movil, y disminuir en parte su velocidad, segun las reglas generales que esplicaremos en otra parte, y así la resistencia que hace el aire al grave que cae es mayor cuando es mayor la velocidad, y crece la resistencia en la razon del cuadrado de la velocidad del movil. En esta suposicion si el movil cayendo debe correr en un momento un palmo, la resistencia del aire le disminuirá una linea (ya sabeis que 12 lineas hacen una pulgada). Si el grave habia de correr tres palmos, la resistencia del aire le disminuye en 9 lineas, porque 9 es el cuadrado de 3; en el tercer minuto si el movil habia de correr 5 palmos, la resistencia del aire le disminuye 25 lineas, porque el cuadrado de 5 es 25: por la misma razon en el cuarto tiempo de 7 palmos disminuye 49 lineas, en el quinto de 9 palmos disminuye 81 lineas, en el sexto de 11 palmos disminuye 121 lineas, en el sép-

timo de 13 palmos disminuye 169 lineas, en el octavo de 15 palmos habia de disminuir 225 lineas, que es lo que importa el cuadrado de 15; no obstante, esta suma de lineas importa mas de dos palmos, que habia de ser el aumento constante de un tiempo sobre el precedente, pues veis que va en esta proporcion 1, 5, 5, 7 etc.; luego ya en el octavo tiempo la resistencia del aire impide todo el aumento que debia haber en la velocidad; y por consiguiente si la velocidad no se aumenta, no se aumenta la resistencia del aire, y entonces el movimiento acelerado se reduce á ecuable, esto es, que tanto anda en un tiempo como en el siguiente. La figura 15, os hace ver en el triángulo los espacios que se debian correr en el vacío ó vacuo: los puntitos significan la diminucion que causa en ellos la resistencia del aire, y las rayas seguidas son los espacios que efectivamente corre, y bien se ve que los espacios que debieran ir siempre aumentando como en el principio, se reducen últimamente á iguales, y viene á cesar la aceleracion.

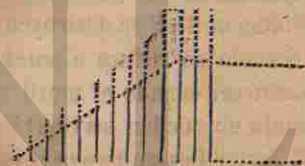


Fig. 15.

EUG. — Tengo la curiosidad de saber cuando una piedra que cae por el aire se verá obligada á caer con velocidad ecuable.

TEOD. — Yo os enseñaré á calcular, porque tendreis mas gusto en hacer el cálculo que en leer simplemente su resultado. Segun las observaciones un grave cae en el primer segundo 15 pies de rey (ca-

da pie vale palmo y medio, porque tiene 12 pulgadas, y el palmo solamente ocho), por consiguiente en dos minutos caerá 60 pies: hágase la esperiencia, y se vera cuánto falta para los 60 pies, y ese es el efecto de la retardacion que causa la resistencia del aire: dividid esto en lineas, y repartid en 10 porciones: dad una al primer minuto, pues el cuadrado de 1 es 1, y reservad 9 para el segundo minuto, porque el cuadrado de 3 es 9. Ahora bien, en teniendo la disminucion que hace la resistencia del aire al grave en el primer tiempo, se sabe la resistencia que hará en cualquiera otro de los siguientes: en llegando la resistencia á 4,520 lineas, que es el valor de 50 pies, ó del espacio que se corre de mas en cada minuto, ya el aumento del espacio y la disminucion de él se destruyen mutuamente, y el movimiento se reduce á *ecuable*, lo que solo puede acontecer cuando el movil va velocísimo: en este punto no pueden las esperiencias ser muy exactas. El doctor Desaguliers para conocer cuánta era la retardacion del aire tomó una bala de plomo de dos pulgadas de diámetro, y arrojándola repetidas veces halló que en cuatro segundos y medio caia por 272 pies (adviértase que los pies de Inglaterra son algun tanto menores que los pies de rey en Francia, de suerte que 16 pies de Inglaterra valen 15 de Francia). Segun las reglas la bala debe caer en este tiempo por 554 pies; pero no cayendo sino por 272, se ve que el aire retardó el movimiento, y disminuyó el espacio de 52 pies que faltan: repartiendo, pues, este espacio por todo el tiempo, segun las reglas que os dí, caben 5 pulgadas de retardacion al primer

minuto: al segundo, en que el espacio fué tres veces mayor, debemos dar la resistencia 9 veces mayor, porque el cuadrado de 3 es igual á 9; y así le doy 45 pulgadas: al tercer minuto por cuenta del espacio 5 veces mayor doy retardacion 25 veces mayor, y vale 125 pulgadas: al cuarto minuto por cuenta del espacio 7 veces mayor doy retardacion 49 veces mayor, y vale 245 pulgadas: en el quinto minuto, en que el espacio es 9 veces mayor, se debe dar retardacion 81 veces mayor, y valdria 405: pero como el movil solamente corrió por 4 minutos y medio, no 5, solamente le damos la mitad de este espacio, que son solamente 202 pulgadas y media. Ahora, pues, todas estas pulgadas hacen la cuenta de la retardacion total, y es como sigue, contando por minutos segundos.

Min.	1 ^o	retard.	pul.	5
Min.	2 ^o	retard.	pul.	45
Min.	3 ^o	retard.	pul.	125
Min.	4 ^o	retard.	pul.	245
Medio min.	5 ^o	retard.	pul.	202

Total de las pulgadas. 622½

Pero los pies que faltaban valen 624 pulgadas; luego la resistencia del aire era capaz de hacer la retardacion que la esperiencia nos manifiesta, advirtiéndose no obstante que estas cuentas van hechas por mayor, porque á querer examinar bien cuánta es la retardacion que cabe en cada minuto segundo, debia hacerse la cuenta á 9, tiempos iguales, siendo cada tiempo del valor del medio minuto, lo que daria alguna diferencia; mas entrariamos forzosamente

en quebrados, y esto basta para que veais el camino que debe tomar el discurso en esta materia. Advierto mas; que esta resistencia del aire se aumenta á proporcion del volumen del cuerpo, y por consiguiente los cuerpos que con el mismo peso tienen diversos volúmenes, aunque tienen la misma fuerza para caer, tienen diversa retardacion; y por eso tardan mas, y llegan mas aprisa al movimiento uniforme, porque si la retardacion es mayor, mas presto llegará á valer tanto como el aumento de la velocidad que debia haber de un tiempo al siguiente. Una bola de algodón fácilmente llegará al movimiento ecuable, á causa de la grande resistencia que experimenta en el aire, y por eso la nieve y la lluvia no nos hacen daño grave con su peso cayendo de tan alto, porque la resistencia del aire las reduce á movimiento mas blando y tal vez uniforme. Ultimamente, advierto que no todos los medios hacen igual retardacion al movil que cae, y por esto en un medio llegará el grave mas de prisa al movimiento ecuable, y en otro llegará mas tarde.

ERG. — Habeis dicho que todos los cuerpos tienen la misma fuerza para caer y que la resistencia del aire es la que hace que unos caigan menos aprisa que otros. ¿Hay algunos experimentos que lo demuestren como me parece que puede el razonamiento demostrarlo?

TEOD. — Haylos en efecto y los voy á practicar.

ERG. — Me alegre.

§ V.

Algunos experimentos sobre la pesadez ó gravedad: leyes que se sacan por consecuencia.

TEOD. — Aquí teneis una máquina que llaman pneumática (Fig. 44.) estos dos cañones de laton *ab*, son dos jeringas con que alternativamente sacamos el aire que estaba dentro de esta manga de vidrio que está encima *mn*, mientras que el mozo trabaja en esta operacion, que gasta algun tiempo, os diré lo que ha de suceder. Primeramente todos los cuerpos cuando caen, por libres que esten, siempre tienen un embarazo que los retarda, que es el aire por donde vienen cayendo, y esto de dos modos. Primero, porque siempre cuesta algun tanto dividir el aire: este abanico con que me doy aire en la fuerza del calor, cerrado le muevo por el aire con mucha mas facilidad que cuando está abierto del modo con

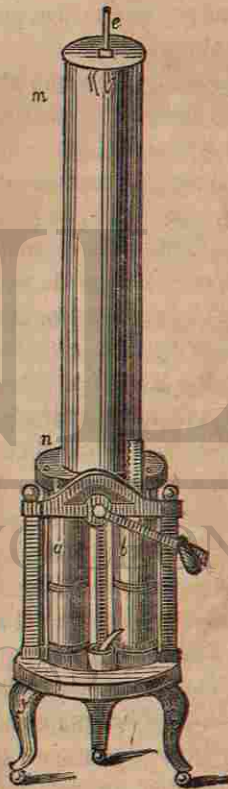


Fig. 44.

en quebrados, y esto basta para que veais el camino que debe tomar el discurso en esta materia. Advierto mas; que esta resistencia del aire se aumenta á proporcion del volumen del cuerpo, y por consiguiente los cuerpos que con el mismo peso tienen diversos volúmenes, aunque tienen la misma fuerza para caer, tienen diversa retardacion; y por eso tardan mas, y llegan mas aprisa al movimiento uniforme, porque si la retardacion es mayor, mas presto llegará á valer tanto como el aumento de la velocidad que debia haber de un tiempo al siguiente. Una bola de algodón fácilmente llegará al movimiento ecuable, á causa de la grande resistencia que experimenta en el aire, y por eso la nieve y la lluvia no nos hacen daño grave con su peso cayendo de tan alto, porque la resistencia del aire las reduce á movimiento mas blando y tal vez uniforme. Ultimamente, advierto que no todos los medios hacen igual retardacion al movil que cae, y por esto en un medio llegará el grave mas de prisa al movimiento ecuable, y en otro llegará mas tarde.

ERG. — Habeis dicho que todos los cuerpos tienen la misma fuerza para caer y que la resistencia del aire es la que hace que unos caigan menos aprisa que otros. ¿ Hay algunos experimentos que lo demuestren como me parece que puede el razonamiento demostrarlo?

TEOD. — Haylos en efecto y los voy á practicar.

ERG. — Me alegro.

§ V.

Algunos experimentos sobre la pesadez ó gravedad: leyes que se sacan por consecuencia.

TEOD. — Aquí teneis una máquina que llaman pneumática (Fig. 44.) estos dos cañones de laton *ab*, son dos jeringas con que alternativamente sacamos el aire que estaba dentro de esta manga de vidrio que está encima *mn*, mientras que el mozo trabaja en esta operacion, que gasta algun tiempo, os diré lo que ha de suceder. Primeramente todos los cuerpos cuando caen, por libres que esten, siempre tienen un embarazo que los retarda, que es el aire por donde vienen cayendo, y esto de dos modos. Primero, porque siempre cuesta algun tanto dividir el aire: este abanico con que me doy aire en la fuerza del calor, cerrado le muevo por el aire con mucha mas facilidad que cuando está abierto del modo con

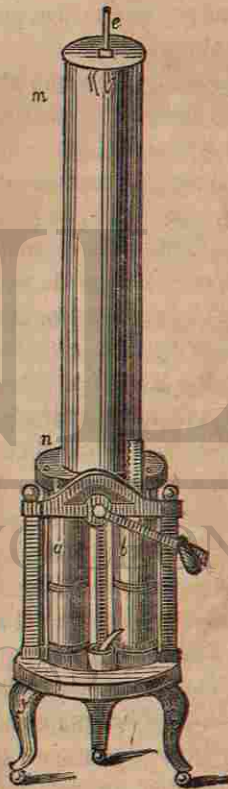


Fig. 44.

que le mueve quien se quiere abanicar : haced la esperiencia, Eugenio, y vedlo.

EUG. — Así es : hace mucha mas resistencia abierto que cerrado.

TEOD. — Pues ahí vereis cómo el aire hace alguna resistencia cuando los cuerpos se mueven por él. El otro principio por donde el aire resiste á los cuerpos que caen es porque el aire tambien es algun tanto pesado.

SILV. — Eso que ahora decís es fábula.

TEOD. — No es fábula : es una cosa que ningun hombre que tuviere noticia de las esperiencias que hay en esta materia se atreverá á negar. Es punto este que ha llegado á términos de innegable. Por no confundir el método que llevamos no digo aquí las esperiencias que lo prueban : á su tiempo las vereis como iba diciendo, el aire es algun tanto pesado, y ha de hacer su resistencia al ir hácia arriba ; y cuando cae la piedra, necesariamente alguna porcion de aire va hácia arriba para dar lugar á la piedra ; y cuando es mayor el cuerpo que cae, tambien ha de subir mayor porcion de aire, porque ha de ocupár acá abajo mayor espacio ; de donde se infiere que si no hubiese este aire habian de caer los cuerpos con mucha mayor velocidad, porque no tenian la resistencia que les hace el aire, aunque poca.

EUG. — Me parece que eso está puesto en razon.

TEOD. — Además de esto, si no hubiese aire habian de caer igualmente todas las cosas por mas diferentes que fuesen : si de lo alto de una torre dejáseis caer un pedazo de papel y un poco de plomo, todo habia de llegar abajo á un mismo tiempo.

SILV. — No creo ni he de creer tal cosa, por mas que esfuerceis todos los discursos que os puede suministrar vuestro ingenio y elocuencia.

TEOD. — ¿Y si lo viéreis con vuestros ojos, lo creereis ?

SILV. — Entonces sí.

TEOD. — Ea, pues, levantémonos y lo vereis. Esta manga de vidrio *m n* está enteramente tapada ; dentro no tiene aire, porque se le sacó por medio de estas jeringas ; en lo alto de esta manga está una dobla de 6400 ⁴ y un pedazo de pluma ; pero la pluma está sobre la moneda de intento. Reparad ahora que todo llega abajo al mismo tiempo ; dejadme levantar este hierro *e* para hacerlo caer todo junto ; haceos cargo y vedlo.

EUG. — Así es : tenéis razon.

TEOD. — Ya ahora no se puede negar que llegaron abajo á un tiempo ; porque casualmente sucedió quedar la pluma por una parte debajo de la moneda, y antes que cayesen estaba encima de ella, como os advertí y visteis. Tampoco podeis decir que la moneda trajo la pluma consigo, porque eso solo podria ser si la moneda estuviese encima de la pluma y la trajese abajo delante de sí ; pero bien veis que fué por el contrario, porque la pluma estaba encima. ®

SILV. — Para ver si esto procedió de no tener la manga de vidrio aire dentro de sí, hagamos la esperiencia teniendo aire, que tal vez sucederá lo mismo.

⁴ Moneda de oro que equivale á medio doblon de á oct.o.

TEOD. — Con mucho gusto; voy á hacerlo, y veis como la moneda llega abajo mucho mas presto que la pluma; aquí destapo la manga y queda bien llena de aire; vuelvo á poner encima la misma pluma y la misma moneda; volved, pues, á observar, que ahí las dejo caer juntas.

EUG. — Ya está acá el oro, y la pluma ahora va llegando.

SILV. — ¿Y os atreveis, Teodosio, á dar razon de este efecto?

TEOD. — Sí, me atrevo.

SILV. — Vamos á eso; sentémonos, que esta experiencia me da mucho en que pensar.

TEOD. — Decidme, si aquí de este lado estuvieran 50 hombres desembarazados, todos igualmente forzudos y ligeros, y allá mas cerca del mar estuviera un solo hombre, el cual fuese muy igual en la ligereza á estos, y empezasen todos á correr á un tiempo, ¿quién llegará primero á *Pedroisos*, v. g.?

SILV. — Creo que llegarían tambien todos á un tiempo.

TEOD. — Decís bien, mas advertid que de una parte corre solo, y de la otra corren 50 hombres, corriendo todos cuanto pueden; y no obstante ser mas, partiendo todos á un mismo tiempo, llegan tambien juntamente al mismo término: tan de priesa llegó el hombre que iba solo como los 50 todos juntos. La razon es porque 50 hombres tienen 50 veces mas fuerza que uno; mas como llevan 50 cuerpos, llevan un peso 50 veces mayor, y así todo queda descontado: tan de priesa irá uno llevando

su cuerpo como 50 llevando 50; pues lo mismo se debe decir de los cuerpos que caen; los que son mas pesados tienen mas partes de materia, los que son mas ligeros tienen menos. Supongamos, por ejemplo, que la pluma tiene 50 partes de materia, y que el doblon tiene 5000: dejándolos caer á un tiempo, tanto han de correr las 5000 de oro como las 50 que estan en la pluma. La razon es porque cada partícula de materia tiene fuerza para atraerse á sí hácia abajo: en donde hay mas partículas hay mas fuerzas, mas tambien hay mayor carga que se ha de mover con esa mayor fuerza; y así cada partícula trayéndose á sí no puede ayudar á las compañeras: tan de priesa viene una sola como muchas juntas, por la misma razon que dimos en los hombres corriendo.

SILV. — Eso no lleva camino, porque entonces debia suceder el mismo efecto cuando hubiese aire y cuando no lo hubiese.

TEOD. — No debia suceder lo mismo: volvamos á la comparacion que hemos puesto. Suponed que en el camino habia algun embarazo, v. g., que estaban cinco ó seis hombres que impedían el paso, ¿quién se desembarazaria mas presto, los 50 hombres ó el que iba solo?

SILV. — Es claro que los 50, suponiendo que el embarazo era igual, tanto para el que iba solo como para los 50.

TEOD. — Pues lo mismo digo acá en los cuerpos que bajan por el aire; el aire siempre los embaraza, como ya os mostré; y siempre que los cuerpos tienen el mismo tamaño es el embarazo igual, porque

entonces ocupan igual espacio; y por eso hace el aire la misma resistencia, como vemos en el agua, que tanto cuesta cortarla de plano con una tabla como con una hoja de lata, v. g., si fueren del mismo tamaño; así tambien en el aire: tanto cuesta cortarle con la pluma como con la moneda si fuere del mismo tamaño; pero como en el oro vienen 5000 partes de materia, y en la pluma solo 50, mas de priesa han de vencer esta resistencia las 5000 partes que van en el oro que las 50 que van en la pluma; por eso el oro llega al suelo mucho mas presto que la pluma, cayendo ambos por el aire.

EUG. — Ya lo entiendo: ahora queda claro.

TEOD. — ¿Queréis un ejemplo mas perceptible de la resistencia que hace el aire cuando los cuerpos caen? Mirad á aquella que los niños llaman cometa, que á distancia anda por el aire con aquel farol colgado en la cola.

EUG. — A mi me parecia estrella; mas ahora advierto en lo que es, porque veo que se mueve con el viento.

SILV. — Yo aun llevo á percibir la cometa, que anda un poco mas alta que la luz; ¿y qué decís, Teodosio, de sustentarse en el aire por tanto tiempo?

TEOD. — Digo que se sustenta en el aire por la gran resistencia que ha de vencer para cortar el aire de plano: atadle el cordel en un lado, ó rompedlo ó cortadle la cola de forma que se tuerza ó ladee, vereis como cae con velocidad, teniendo el mismo peso que antes tenia, cuando se sustentaba en el

aire, y no por otra cosa sino porque, como se ladea, puede cortar el aire con mas facilidad. Mas claro es este otro ejemplo. Aquí teneis dos pedazos de papel iguales, dejadme hacer de este una bolilla, y el otro quedará estendido, yo los dejo caer ambos á un tiempo, ved cual llega primero al suelo.

EUG. — Llegó mucho antes la bolilla.

TEOD. — Es porque como era mas pequeña tenia menos resistencia que vencer que el otro pedazo de papel estendido, y conforme los tamaños, asi es la resistencia que hace el aire. Acabaré de probaros esto con otro experimento no menos facil: aquí teneis este pedazo de plomo, cuya forma es lo que se llama un paralelepipedo, y un pedazo de papel cortado de modo que puede cubrirle exactamente una de sus caras: voy á dejarlos caer separados; la masa de plomo ha llegado primero: ahora aplico el pedazo de papel á la cara de plomo para la cual está cortado y los dejo caer yendo encima el papel; ¿veis como han caido juntos?

EUG. — En efecto, esto es concluyente, porque el plomo marcha delante y el papel es bien libre y con todo le sigue.

TEOD. — Por la misma razon que el plomo marcha delante, él ya ha vencido la resistencia del aire, el papel no halla ninguna y cae como el plomo.

EUG. — Lo entiendo perfectamente. Seguid con lo de la aceleracion si hay algo mas que decir.

TEOD. — Voy á enseñaros el modo práctico de ver la aceleracion; porque esto da un gusto increíble. Pongamos una máquina como representa

la Fig. 45; consta esta de dos tablas levantadas á

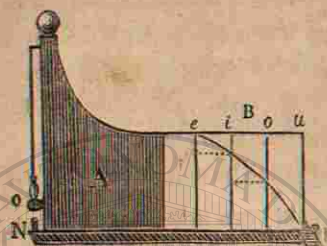


Fig. 45.

plomo y bien niveladas por medio de dos tornillos que están debajo MN. Cuando el plomo O cayese sobre el lugar que está señalado abajo, todo está como debe ser: la tabla A debe ser escavada, de modo que la calle que se abre para paso de una bola, principie en perpendicular, y acabe en horizontal, con el fin de que una bola de marfil, soltándola de arriba con ímpetu determinado, salga y caiga en cierto punto: divídase la altura de la tabla B en 16 partes iguales y la anchura en cuatro: en la división bajemos solo una parte, y pongamos allí una argolla: en la segunda división *i* bajemos cuatro partes, y pongamos otra argolla: en la tercera división descendamos nueve partes, y pongamos otra argolla: en la última división *u* está el suelo á 16 partes de distancia de la línea horizontal *eA*. Si el descenso fuere, como se dice, en el primer tiempo, en tanto que la bola corre un espacio horizontal descenderá un espacio: al fin del segundo tiempo habrá caminado en la línea horizontal dos espacios, y en la perpendicular cuatro: al fin del tercer tiempo habrá caminado en la línea horizontal tres espacios y en la perpendicular nueve, y al fin del cuarto tiempo habrá llegado á la cuarta división horizontal. Dispuesto así esto, se suelta la bola de

arriba, y por sí misma se va enfilando por las argollas que la pusieron, siguiendo las órdenes que la dió la física: permitidme, amigo, que así lo diga. Y advertid que la bola se debe echar siempre desde la misma altura exactamente, y el pasadizo de la bola debe estar bien liso para que libre de embarazos no cause irregularidades.

EUQ. — ¡Gustosísimo es semejante estudio!

TEOD. — Otra esperiencia hay admirable y galantísima: y se hace de este modo (Fig. 46.) Se ponen

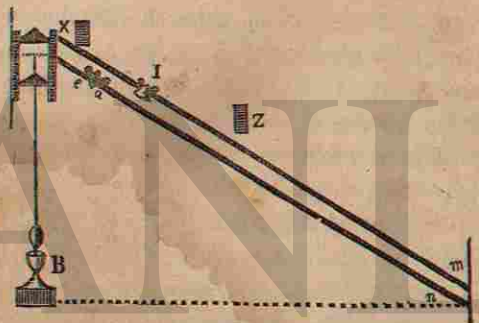


Fig. 46 y 47.

dos cuerdas bien tirantes é inclinadas hácia abajo: para conservar las paralelas tengo una regla con dos agujeros que corre libremente por las cuerdas, y las conserva en la misma distancia de sus estremidades *mn*. En la cuerda inferior hacemos correr uno como barquito con dos poleas altas, con el fin de que estando el centro de gravedad mucho mas abajo de la cuerda, el barquito corra derecho sin bambolear, como dicen. En este barquito va un mástil con una bola de metal: debe colgarse este

barco por una asilla de un hilo de seda en un alfiler en *e* en la parte superior de las cuerdas; pero de modo que con el menor movimiento lateral desprenda el hilo del alfiler, y el barquito corra. En la cuerda superior se hagan divisiones en 46 partes, y nótese con líneas blancas: por esta cuerda corre una regla agujereada, en que está fija una campanilla, de tal modo, que cuando el barquito pasa por debajo de la campanilla el mastil de metal la da un golpe. Esta campanilla se debe poner ya en la division primera, ya en la division cuarta, en la nona, en la 16, ó bien en la 25, si las cuerdas dieran lugar para ello. En Auch, capital de Armagnac, en Francia, la hice yo de 25 espacios con felicísimo suceso. Por medio de esta esperiencia se ve á qué punto llega el movil que cae en tiempo determinado; pero falta un medio para medir con exactitud, á lo que se dirige la segunda parte de la máquina, que se debe añadir á la parte superior en donde atan las cuerdas en A. Yo la dibujo en la (Fig. 47), y voy á describirla. Es una péndola como la de un reloj con tres diferencias: primera, tiene debajo una lengüeta con muelle de tal forma, que en batiendo en la campanita B se dobla para pasar, y luego queda recta para volver á batir cuando pase por el nivel: segunda, la péndola no juega como otros péndulos sobre su estremidad, sino un poco mas abajo, de forma que la estremidad superior juegue con el movimiento de la inferior, y pueda por este medio desprender el hilo de la seda por donde estaba colgado el barquito: la tercera circunstancia es, que debe tener esta péndola un eje largo, con el

fin de que siempre ande jugando por debajo, y dé en el mismo lugar de la campanilla B. De este modo de cualquier altura que se suelte irá dando en la campanilla, haciendo siempre los tiempos iguales por ser propiedad de la péndola: tambien puede acortarse mas ó menos, segun se quieran los tiempos mas ó menos cortos. No obstante, es cierto que teniendo la misma longitud la vara del péndulo desde su eje hasta el centro del lente en que remata, siempre ha de ser el mismo el tiempo del intervalo de sus oscilaciones. Aquí ya tenemos modo de medir los tiempos justos: falta ahora combinar esos tiempos de la péndola con la corrida del barquito, lo que se hace de este modo. En el hilo de seda *ea* atado al barquito, hágase una lazada para meterla por un alfiler sin cabeza, el cual se vuelve á un lado, y queda el hilo de seda bien corto, de suerte que el mástil del barquito corresponda al principio de las divisiones de la cuerda superior. Este hilo ha de estar de modo que la parte superior de la péndola le haga salir del alfiler siempre que pasa por allí; así sabemos que en el mismo instante en que la péndola da el primer golpe en la campanilla B escapa el hilo de seda del alfiler, y empieza á caer el barquito. Nótese sobre poco mas ó menos en donde toca el mastil cuando la péndola dió el segundo golpe en B, y allí se ponga la campanilla superior I: reparemos bien si cuando la péndola da el segundo golpe en B bate el mastil en la campanilla, confundiendo entonces los sonidos. Conseguido esto, esa distancia será la medida por donde se debe la

cuerda superior dividir en 9, 16 ó 25 partes. Hecha la division, repítase la esperiencia, pero poniendo la campanilla en distancia cuarta: levántese el barquito mas arriba, y póngase la asilla en su lugar acostumbrado *e*. Espérese el golpe en la campanilla superior cuando la inferior diere el tercer sonido, porque en el primero empieza el movil á caer, en el segundo va en la primera division, en el tercero ha de llegar á la cuarta para correr tres divisiones en el segundo tiempo, como deciamos. Efectivamente, soltándose la péndola se oyen los dos sonidos en el tercer golpe.

Póngase despues la campanilla superior en la division 9; repítase la esperiencia, y se verá que cuando se acaba el tercer intervalo, y suena el cuarto golpe, da la campanilla superior su sonido. Despues se pone en 16, y últimamente en 25 divisiones si la cuerda da para tanto, y se observa lo mismo.

ERG. — Verdaderamente me dejais pasmado.

TEOD. — Para que la esperiencia sea exacta se debe atender al roce y á la resistencia del barquito, tanto por la velocidad como por la aspereza de la cuerda y movimiento de las poleas, que siempre es alguno. Así si en la primera division debe faltar, v. g. una pulgada, en la cuarta faltará mas, mas en la nona, etc.; lo que muestra la esperiencia ser preciso para que los dos sonidos coincidan. También debe advertirse que las cuerdas cimbrean, aunque esten tirantes, si son largas, y que la inferior con el peso del barquito huye de la paralela, y el mastil escapa de la campanilla. Para remediar esto me sirvo de la reglita Z, cuyos agujeros están á la dis-

tancia de las cuerdas, y tengo cuidado con poner esta regla inmediata á la campanilla superior I, porque entonces estoy cierto de que si cimbre la cuerda inferior con el peso del barquito, tambien cimbrará la superior igualmente. Sucede muchas veces que el hilo de seda de que pende el barquito con el movimiento lateral, que le da el péndulo para que se suelte, hace jugar al barco, y con esto el mastil escapa de la campanilla superior. Para obviar este inconveniente, que al principio me atormentaba mucho, imaginé otra regla X con tres agujeros, la que siempre está en la parte superior de las cuerdas junto al péndulo: los dos agujeros de arriba son para pasar las cuerdas: el tercero, que tambien ha de ser grande, es para pasar el hilo de seda que suspende el barquito, porque de este modo, aunque el péndulo le dé algun movimiento lateral, no se comunica al barquito, y siempre corre derecho.

SILV. — ¿Y qué consecuencias sacais de toda esta doctrina y esperimentos?

TEOD. — Las siguientes:

1ª. Cuando hay movimiento acelerado siempre es en la misma proporcion de los números 1, 5, 5, 7, etc., porque no puede haber movimiento acelerado sin que persevere la causa motriz, obrando continuamente por algun tiempo sucesivo; en este caso está en la misma linea con la gravedad, que por esta sola razon produce el movimiento acelerado en la razon de 1, 5, 5, 7, etc. Este movimiento acelerado hallamos en el muelle que se suelta, é impele al movil siguiéndole por algun tiempo.

Le tenemos en la bala de fusil, á la que el fuego continua en mover todo el tiempo que se detiene en el cañon; si este no escede la proporcion que debe tener, le tenemos en los que juegan al taco, que siempre por algun tiempo, aunque sea corto, siguen la bola, etc.

II^a. *En todo movimiento acelerado los espacios corridos son como los cuadrados de los tiempos, contando desde el principio de la caída.*

La razon es, porque al fin del primer tiempo el espacio es 1, cuadrado del tiempo 1: al fin del segundo los espacios son 4, cuadrado de los tiempos 2: al fin del tercero los espacios son 9, cuadrado de los tiempos 3 etc.

III^a. *En todo movimiento acelerado la velocidad que tiene el movil, en el fin de cualquier tiempo, es como los tiempos por los cuales ha caido desde el principio.*

La razon es, porque la velocidad de cualquier movil se debe medir por el espacio que corre en este último momento. Pero viendo los triángulos de la figura que os dibujé (Fig. 42), bien veis que al fin del segundo minuto la linea que entonces corrió el movil es doble de la linea que habia corrido al fin del primero, y que del mismo modo en el fin del tercer segundo la linea es triple. De suerte que para no confundiros habeis de hacer diferencia entre la area que se comprende en el triángulo y la base de este: la área corresponde á todos los espacios corridos, la base corresponde á la velocidad que el movil tenia en ese momento. Pero sabeis por la geometria que las bases de los triángulos semejan-

tes son como las alturas: en las alturas van los tiempos, en las bases van las velocidades; pues como de las bases multiplicadas por las alturas se hacen las superficies, tambien de las velocidades multiplicadas por los tiempos se hacen los espacios. Permittedme explicar esto un poco mas: si un triángulo tiene la misma altura que otro AB (Fig. 48), pero la base dupla, el triángulo es duplo. Si tiene la misma base, y la altura es dupla AC, el triángulo es duplo; pero teniendo base y altura duplas el

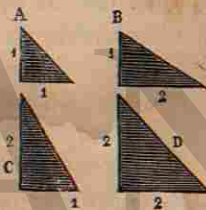


Fig. 48.

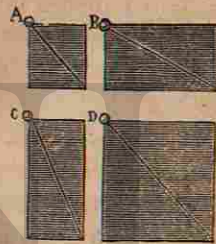


Fig. 49.

triángulo es cuádruplo. Del mismo modo si el movil B (Fig. 49) corre en igual tiempo que el otro movil A, pero con velocidad dupla, el espacio es duplo. Si el movil C corre con velocidad igual, pero en tiempo duplo, el espacio es duplo; luego corriendo D por espacio duplo y con velocidad dupla, el espacio corrido es cuadrado; luego comparamos bien los tiempos á las alturas, las velocidades á las bases, los espacios á las areas, y de este modo todo lo entenderéis fácilmente.

IV^a. *Cuando dos móviles tienen movimientos uniformes, pero velocidades y tiempos diversos, siem-*

pre los espacios corridos son como los cuadrados de los tiempos, ó como los cuadrados de las velocidades.

Por la razon que acabo de dar, de suerte que la diferencia de los espacios, tiempos y velocidades en los movimientos uniformes ó acelerados solo, está en que en los uniformes debemos usar de paralelógramos, poniendo en un lado los tiempos, en otro las velocidades; mas en los movimientos acelerados debemos poner triángulos; pero como así los triángulos como los paralelógramos cuando son semejantes entre sí tienen la misma razon, porque los unos son la mitad de los otros, y ambos son entre sí como los cuadrados segun la geometria se sigue:

Va. *La misma razon que tienen entre sí los tiempos, las velocidades y los espacios en los movimientos uniformes tienen los tiempos, velocidades y espacios en los acelerados.*

VI^a. *En los movimientos retardados debemos decir lo mismo que en los acelerados.*

La razon es, porque en los acelerados debemos representar los espacios en triángulos, suponiendo que el movil empezó con la velocidad correspondiente á la base, como en A (Fig. 20); pero en el retardado el movil se supone principiar en la linea que corresponde á la base, y acabar en la cúspide, como en B, porque tanto vale el triángulo A como B. En el movimiento retardado, como cuando la piedra sube por el aire, la velocidad es



Fig. 20.

grande al principio, y va disminuyendo hasta quedar en un punto.

EUG. — Si es exacto todo lo que me habeis dicho, como no lo pongo en duda, me parece que puedo conocer la altura de un edificio y la profundidad de un pozo, bastándome para el efecto dejar caer un guijarro desde lo alto del edificio á la boca del pozo, y contando el número de segundos que dure su caída.

TEOD. — En efecto, lo podeis hacer y el medio es muy á propósito y consecuente; mas hay que tener en cuenta por un lado la resistencia del aire, y por otro en cuanto á lo del pozo, la tardanza del ruido que hace el guijarro al llegar al fondo (pues vereis á su lugar que el sonido tarda á llegarnos al oído) de por junto con las fracciones de segundo que no faltarian en este ensayo, y todo esto contraria la exactitud rigurosa del experimento: pero no tiene duda que lo podreis averiguar de una manera aproximativa.

EUG. — Si no me engaño, esos albañiles que estan clavando al suelo estacas con aquel mazo que levantan con máquina, nos dan un caso práctico á que es aplicable la materia de que tratamos.

TEOD. — A ver cómo esplicais esto.

EUG. — El mazo es un grave, esto es, un cuerpo que pesa cierta cantidad, y cuando le dejan caer la fuerza de gravedad que lo tira al suelo carga sobre la estaca y la hunde proporcionalmente á dicha fuerza y á la resistencia del suelo.

TEOD. — ¿ Y cómo creéis que podrian aumentar

esta fuerza y de consiguiente ahorrar trabajo y tiempo?

ERG. — Levantando mas el mazo, pues un grave carga con tanta mas fuerza, cuanta es mayor la altura de donde cae.

TEOD. — En efecto no deja de ser cierto lo que decís; pero mirad lo que estan haciendo; cansados sin duda de dar tantos golpes contra las estacas; mudan el mazo y ponen otro mayor. Veis con qué prontitud se clavan las estacas; dos golpes bastan para hundirlas mas de lo que las hundian con el mazo pequeño dando cuatro, y notad con todo que no levantan mas el mazo grande lo que levantaban el pequeño. Voy á esplicaros porque lo hacen...

ERG. — Aguardad, ya caigo en ello. El mazo cae movido por una fuerza uniformemente aceleratriz, y dijisteis que cuando un cuerpo se mueve por semejante fuerza su velocidad final es capaz de hacerle correr un espacio doble durante otro tiempo igual al que le ha hecho correr el primero. Es decir que si el mazo chico por ejemplo en un segundo corre cayendo cuatro pies, en dos segundos correrá ocho, en tres doce, y en cuatro diez y seis. Síguese de esto que aun cuando caiga de diez y seis pies de altura no tendrá sino cuatro veces mas fuerza que cuando cae de cuatro pies. Con que tenemos, que levantando el mazo como yo queria hasta diez y seis pies, lo cual hubiese acarreado muchos inconvenientes y mas pérdida de tiempo. en sustancia hubiesen tenido una fuerza cuadrupla. Mientras que dejando caer de la misma altura que el pequeño un mazo mayor, la velocidad final de este, teniendo mas can-

lidad de movimiento puede ser ya á cuatro pies de altura igual á la del pequeño á diez y seis, y hay las ventajas que da la máquina tal como está construida.

SILV. — ¿Con que segun vuestras cuentas un hombre que se caiga de un cuarto piso no estará sino dos veces mas en peligro que si se cayese del primer piso?

TEOD. — Si pudiesen darse en todos casos iguales circunstancias no hay duda que habia de suceder así; de suerte que las caidas de las personas, de algun edificio, no son proporcionadas á la altura del edificio sino al tiempo que han durado sus caidas.

SILV. — En todo suelo daros la razon cuando os esplicais debidamente, y no hallo con que contradeciros; pero aquí, amigo, la práctica del arte me hace disentir de vuestras cuentas. Enfermo he visitado que se ha roto algunas costillas ó que ha muerto de un porrazo en la cabeza, habiendo resbalado por el suelo; y otros han caido de árboles y segundos pisos y no han tenido mas que algunas dislocaciones de huesos, ó algunas contusiones, ó alguna fractura, de todo lo cual han curado al cabo de mas ó menos tiempo.

TEOD. — Todo esto depende de las circunstancias de cada individuo, del modo como han caido, y de los órganos que han suportado el golpe y no de la inexactitud de la ley. Vamos ahora á tratar de la pesadez combinada con otras fuerzas.

§ VI.

Trátase del peso absoluto y específico; de la fuerza con que cae el grave en el plano inclinado, comparada con la fuerza con que cae libremente; y de la combinación de la fuerza de atracción con la proyección.

TEOD. — Ya hemos dicho lo que era peso; la suma total de la fuerza con que cada partícula es tirada hácia el suelo: esta suma de fuerzas obra evidentemente sobre un plano sólido en el cual reposa cualquiera cuerpo; de suerte que puede llamarse peso la presión total ejercida por un cuerpo sobre un obstáculo horizontal. La intensidad de esta presión pues depende de la energía de la gravedad, que solicita cada partícula, del número de partículas solicitadas, cuyo conjunto es lo que llamamos masa. Siguese que el peso es proporcional á la masa, cuando la pesadez es constante, la masa puede ser la misma y el peso puede aumentar ó disminuir lo mismo que la energía de la gravedad. Así, un cuerpo compuesto de cien partículas es una vez mas pesado que otro compuesto de cincuenta; y el mismo cuerpo de cien partículas sería la mitad menos pesado, si se hallase bastante lejano de la tierra para que la fuerza de gravedad se disminuyese por mitad. Este mismo cuerpo sería menos pesado en el ecuador que en el polo, puesto que como os dije distaría mas en el ecuador que en el polo del centro de la tierra. Puesto que la masa de un cuerpo es igual al peso, en iguales circunstancias es evidente que se

puede tomar la una por el otro, y esto es lo que se hace en mecánica y en nuestras medidas de balanzas. El peso puede considerarse sin ninguna atención á su volumen, ni al espacio que ocupa, y esto es lo que se llama *peso absoluto*. Mas si consideramos que las moléculas de los cuerpos no se hallan en todos ellos igualmente aproximadas, como ya dijimos, fácilmente concebiremos, que bajo un dado volumen podrá haber en cada uno un número diferente de partículas y de consiguiente tendrán peso diferente. Las investigaciones que se han hecho sobre el particular, lo han demostrado así, de modo, por ejemplo, que el oro en un dado volumen pesa 19 veces mas que el mismo volumen de agua, y este mismo volumen de agua pesa 800 veces mas que el mismo volumen de aire. A este peso se le llama *relativo ó específico*. Y como hay muchísima variedad entre las relaciones de los pesos y los volúmenes de los diferentes cuerpos, ha sido necesario convenir en tomar el peso específico de un volumen de agua por término de comparación de los cuerpos sólidos y líquidos, y el peso específico de un volumen de aire, por término de comparación de los cuerpos gaseosos. Y para simplificar este punto se dice 1,0000 el peso específico del agua y del aire que sirven de comparación, esto es la unidad. Si por ejemplo se hallase que un volumen de oro pesase 19 veces el mismo volumen de agua, se espresaría su peso específico, escribiendo 19,0000, esto es 19 unidades; y si se hallase que un volumen de aceite pesase la mitad menos que otro igual de agua, se espresaría su peso específico, escribiendo 0,5000

esto es cinco diez milésimos décimos. Cuando veamos los cuerpos sólidos, líquidos y gaceos en particular ya os diré los métodos que se han imaginado para determinar los pesos relativos, ó específicos de cada una de estas especies de cuerpos.

EUG.—Con que, según lo que andais diciendo, es un absurdo decir que hay cuerpos *pesados* y *ligeros*, pues todos son pesados; y solo existe la diferencia real, cuando se los considera en volúmenes iguales.

TEOD.—Si por *ligero* se entiende el opuesto de pesado, como que no pesa, realmente es un absurdo; mas se llaman *ligeros* comunmente los cuerpos que presentan poca masa y mucho volumen, y *pesados* los que presentan poco volumen y mucha masa. Cuando se habla de peso absoluto no hay cuerpos ligeros ni pesados; porque tanto pesan unos como otros: una libra de plumas es tan pesada como una libra de plomo; mas comparando sus volúmenes la pluma es ligera, pues volumen igual de pluma es infinitamente menos pesada que el plomo. Con que solo cuando se habla de peso relativo hay cuerpos ligeros y pesados.

EUG.—Os he entendido perfectamente. ¿Hay mas que decir sobre esto?

TEOD.—Yo no os diré mas sobre el particular. Pasemos á examinar la fuerza con que el grave cae ó carga en el plano inclinado, comparada con la fuerza con que cae libremente.

La gravedad siempre hace esfuerzos siguiendo la línea perpendicular á nivel. Si el obstáculo que impide el descenso resiste enteramente á este movimiento, le impide del todo: de aquí pro-

viene que el grave puesto en un plano horizontal no tiene movimiento, porque este plano que hace un ángulo recto con la línea perpendicular de la gravedad le impide todo el movimiento. Mas por eso el tal plano sufre toda la acción del *peso*: reparad bien en estas proposiciones que voy á estableceros:

1^a *El plano horizontal impide todo el movimiento del grave, y sufre toda la acción de su peso.*

Confírmase la razón de la ley en que toda acción es igual á la reacción; y si el plano impide toda la acción de la gravedad, la gravedad ejerce toda su acción contra el plano.

2^a *En el plano inclinado parte de la gravedad carga en el plano, y la otra queda libre para la caída del móvil.*

Si el plano no es horizontal, no puede impedir toda la acción del grave, porque como el plano baja por una parte, puede el grave rodando ó deslizando ir descendiendo por el plano, y en esto se cumple de algun modo con la gravedad: no obstante, como no puede descender tanto hallando el plano como cuando cae libremente, todo el embarazo que le hace el plano da lugar á la acción del grave contra él, pues no hay acción sin reacción, y cuanto el plano obra contra el grave obrará el grave contra el plano. ®

3^a *Para conocer qué parte de peso obra contra el plano, y qué parte produce la caída, consideremos la línea vertical como diagonal de un paralelogramo rectángulo, y el lado perpendicular al plano dará la acción contra él: la paralela dará la caída. (Fig. 21.)*

Porque la línea paralela *io* no está impedida por el plano, y la parte perpendicular *ao* está enteramente impedida; luego resolviendo y analizando el movimiento del grave por orden al plano inclinado, se ve la parte impedida *ao* y la parte libre *oi*. La

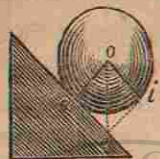


Fig. 21.

línea vertical *oe* representa la línea de gravedad si estuviese libre, porque la fuerza ó acción del esfuerzo que hace por descender siempre se halla en esta línea. Pero supongamos que esta línea *oe* es una diagonal del paralelógramo compuesto de una perpendicular al plano *ao*, y de una paralela *oi*; desde luego se advierte que la acción representada en la línea perpendicular queda destruída por el plano, y que sufre el plano del peso del grave la parte que corresponde á la línea *oa*; mas la parte que corresponde á la línea *oi* queda libre, pues nada la impide por estar el plano paralelo á esta línea. De aquí proviene que cuanto menos inclinado sea el plano y mas abatido, menos fuerza tiene el grave para caer, y hace mayor fuerza contra el plano. Ve (Fig. 22.) porque resolviendo el



Fig. 22.

movimiento de la diagonal *oe* en dos, uno perpendicular al plano *oa*, otro paralelo *oi*, se ve claramente que es mucho menor la línea ó la fuerza para caer, y por consiguiente es mayor la fuerza con que carga en el plano. No os haga dificultad ver siempre la acción del grave contra el plano representada en un radio,

ni que yo diga que es mayor ó menor, porque debéis comparar esta línea ó ese radio con la línea vertical, la cual representa toda la acción de la gravedad si obrara libre, y entonces vereis que en el segundo caso de la (Fig. 22) *ao* queda casi igual á la vertical *oe*, porque la gravedad obra contra el plano casi con toda su fuerza, y solamente se le descuenta la acción con que baja *oi*; pero en el primer caso se descuenta mucho mas, y mas todavía en el tercero (Fig. 25.), por ser el radio *ao* mucho mas pequeño que la vertical *oe*. Veamos ahora el tiempo en que el grave cae por el plano inclinado, comparado con el tiempo en que caería libremente.



Fig. 25.

Supónese que en estos casos se habla con abstracción total de las resistencias que ofrecen el roce y el aire, y que hablamos solamente de los efectos que nacen de ser la línea vertical ó de ser inclinada. Para saber en qué lugar iría el grave, y adonde llegaría si descendiera por el plano inclinado cuando acabó de caer libremente por la altura del plano (Fig. 24.) *Ao*, tiremos del punto ínfimo de la altura *o* de la línea *Eo*, perpendicular á la superficie del plano, y ese punto *E* notará exactamente el lugar donde llegaría el grave si cayese por el plano en el tiempo en que efectivamente cayó por la vertical *Ao*. Para conocer la razón tirad una línea de puntos *Al*, paralela á

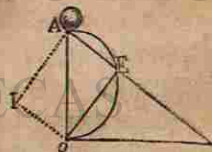


Fig. 24.

la perpendicular E, y concludid el paralelogramo AEIo : de este modo la vertical Ao se queda siendo una diagonal, que se resuelve en las dos lineas AE, AI : el movimiento por AI es totalmente destruido por el plano ; el movimiento AE se queda libre ; pero es cosa sentada en la composicion del movimiento, que en el mismo tiempo en que el movil habia de correr un lado del paralelogramo corre toda la diagonal ; luego en el tiempo que el grave caeria Ao, impedido el uno de los dos movimientos correrá por AE : de aquí se sacan varias consecuencias.

I^a En el tiempo en que el movil caeria por el diámetro vertical, en ese mismo tiempo caerá por cualquiera cuerda del mismo círculo que salga del punto supremo del tal diámetro (Fig. 25.).

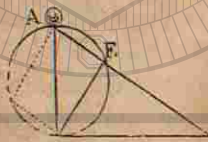


Fig. 25.

La razon es, porque si en la figura precedente tiramos un círculo, cuyo diámetro sea la altura del plano : el punto E viene á caer forzosamente en la circunferencia, y la linea AE será esta cuerda. Digo que E forzosamente caerá en la circunferencia, porque es preciso que el ángulo E sea recto, siendo oE perpendicular al plano. Pero el ángulo, cuyos lados comprenden todo el diámetro, no es recto sino cuando tiene el vértice en la circunferencia ; pues si le tiene dentro tendrá por medida mas de la mitad del semicírculo, y si le tiene fuera tendrá por medida menos de la mitad del semicírculo, como ya sabeis,

acerca de la medida de los ángulos que se apoyan dentro del círculo.

Así podemos discurrir de cualquier otro plano inclinado, sea mayor ó menor la inclinacion : por eso sentamos por regla general lo arriba dicho.

II^a En el mismo tiempo en que el grave corre libremente el diámetro, correrá cualquier cuerda del círculo terminada en el punto infimo del diámetro.

La razones, porque en el mismo círculo (Fig. 26.) á las cuerdas que nacen del punto superior del diámetro AE, AM corresponden otras semejantes Oe Om, que van á parar al infimo ; luego si el grave correria cualquiera de las cuerdas superiores en el tiempo en que corre el diámetro, tambien será verdad que en ese mismo tiempo correria cualquier cuerda que va á parar al punto infimo del diámetro.

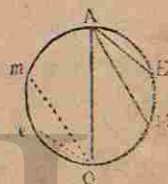


Fig. 26.

III^a El tiempo preciso para que el grave corra todo el plano es tanto mayor que el tiempo de la caída libre por la altura de él, cuanto la linea del plano es mayor que su altura.

En otros términos los tiempos de la caída vertical y de la caída oblicua son entre sí como las lineas (Fig. 27.). Demostremoslo.

TEOD. — Hareis muy bien porque esto á secas se va como se viene.

TEOD. — Tiremos

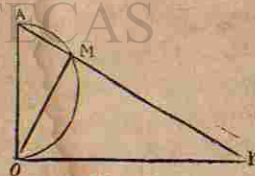


Fig. 27.

OM perpendicular al plano AR, tendremos dos triángulos semejantes: AMO es un triángulo que tiene un ángulo recto en M, y el triángulo total AOR tambien tiene un recto en O: ademas de esto, el ángulo en A es comun al triángulo pequeño y al total: luego los lados son proporcionales, esto es, en el pequeño, el lado mínimo AM es á la hipotenusa AO, como en el grande el mínimo lado AO es á su hipotenusa AR; luego tenemos esta proporcion geométrica. $AM : AO :: AO : AR$, ó esta progresion $∴ AM : AO : AR$.

Ahora es preciso acordarse de algunas cosas que sabeis por la geometría. La primera sea si formaremos cuadrados de las cantidades que estaban en progresion, tambien los cuadrados quedan en progresion, $∴ 1 : 2 : 4$; que son á lo menos 5 ó 4 veces, v. g. si decimos $∴ 1 : 2 : 4$; pues el cuadrado de 1 es 1, el de 2 es 4, y el de 4 es 16, se sigue que podremos decir $∴ 1 : 4 : 16$; igualmente, si decimos $∴ 1 : 5 : 9$, podemos decir $∴ 1 : 9 : 17$.

La segunda es, que entonces el 2º cuadrado es al 5º como la primera raiz es á la 5ª: para esto basta ver los ejemplos de arriba; en el 4º hallamos que 4 es la razon de la 1ª raiz, respecto de la 5ª, y tambien es la razon del 2º cuadrado 4, al 5º 16. Igualmente 5 es á 9 en las raices, como 9 á 27 en los cuadrados. Esto se demuestra en la geometría, aqui basta tocarlo. La tercera cosa que traigo á la memoria es que los espacios siempre son cuadrados de los tiempos; luego siendo las tres lineas $AM : AO : AR$, los espacios que los móviles corren, el tiempo de la caida por AM, primer espacio, es al tiempo de

la caida total por AR, tercer espacio, como el 2º cuadrado AO, es al tercer cuadrado AR; pero ya vemos que el tiempo en que el movil cae por la vertical OA, es lo mismo que aquel en que caería por la primera linea AM, luego el tiempo de la caida por AO es al tiempo de la caida por AR, como AO es á AR. No os cause confusion que aquí se diga que los tiempos de estas caidas son como los espacios, porque bien veis que comparamos caidas de diferente especie; la una es vertical, y por eso tarda menos, la otra es oblicua, y así tarda mas. Resumiendo pues la demostracion podemos decir así $∴ AM : AO : AR$, luego la raiz de AM, tiempo en que el movil la correría, es á la raiz cuadrada de AR (tiempo en que el movil la correría), como AO es á AR; pero el tiempo de la caida por AM es el mismo que el de la caida vertical por AO; luego al tiempo de la caida vertical (por AO), es al tiempo de la caida oblicua (por todo el plano AR) como AO es á AR, ó como la altura es á la longitud del plano. Acabemos este punto hablando de la velocidad que trae el grave cayendo por el plano ó cayendo verticalmente, y establezcamos que cuando la altura es la misma la misma será la velocidad al fin de la caida, ó bien caiga el movil vertical ó por cualquier plano. (Fig. 27.).

Hallaréis tal vez dificultad en esta proposicion, y voy á sacaros de ella. Es verdad que el grave cayendo libremente adquiere mas velocidad que cayendo por el plano, si el tiempo fuere el mismo; y es tan cierto que cuando por la vertical llega á O, por la oblicua solo llega á M. Pero el grave cuanto

mas tiempo cae toma mas velocidad; y cayendo por el plano necesita mas tiempo para acabar de bajar, y por tanto tiene mas tiempo de ganar velocidad: ved aqui por que cuando llega al fin del plano ya tiene tanta velocidad como el grave que cayó por la vertical.

Cuando dos cosas exactamente se compensan vienen á quedar iguales: el plano disminuye la velocidad del grave en un tiempo determinado, AM á AO (ó de AO á AR, que es lo mismo), mas el plano tambien aumenta el tiempo de la caída (y por consiguiente la velocidad) en la proporcion de AO, respecto de AR; luego el plano, si por un principio disminuye la velocidad del grave, la aumenta por otro principio en la misma proporcion, y por esto todo queda compensado, llegando el movil al fin de la caída con igual velocidad, caiga por el plano ó caiga por la vertical.

Basta, Eugenio mio; estas materias secas tienen mas sustancia y cuestan mas para decir las el entendimiento, y no quiero que os den fastidio: pues no son tan lindas y dulces como otras que os haré en lo sucesivo; bien que son mucho mas importantes, y de grande uso: la fruta es mas suave que el pan, pero es de menos sustancia; sin el pan no adquieren fuerza los niños, y tropiezan á cada paso. Esto sucede al que camina en la física, si no sabe bien las leyes de la mecánica, por mas que lea y haga esperiencias de óptica y máquina eléctrica no pasa de niño.

ERG. — Yo os aseguro que hallo en todo un placer sin igual, porque no hay ley que no tenga apli-

caciones fáciles á mil fenómenos, de los cuales no me habia sabido nunca dar razon y ahora sí.

TEOD. — Demos fin á la pesadez, considerándola en combinacion con la fuerza de proyeccion; esto es, con aquella fuerza que se da á un cuerpo, cuando se le arroja por el aire, como una bala de cañon, una piedra, una bomba, etc., disparadas por el cañon, la honda, ó el mortero. En estos casos, dichos cuerpos van movidos obedeciendo á dos fuerzas, una que es la gravedad, y los tira constantemente hácia el suelo; otra que es la de proyeccion dada por el impulso de la pólvora á la bala y á la bomba y por el de la honda á la piedra que los hace mover por el aire. Tres casos diferentes pueden darse en esta composicion de fuerzas. 1.º La fuerza de proyeccion puede obrar en el mismo sentido de la gravedad; 2.º en un sentido directamente opuesto; 3.º podrá formar un ángulo con la direccion de esta fuerza. Si yo arrojó una piedra desde lo alto de un campanario al suelo, sigue esta piedra el impulso de dos fuerzas que obran en el mismo sentido, pues las dos obran hácia el suelo: en este caso la piedra corre en cada segundo el espacio que ha de correr segun la ley de la gravedad, mas el espacio constante relativo á la fuerza de proyeccion de que está animada. Por ejemplo: yo lanzo perpendicularmente una piedra desde una torre que tiene 60 pies de altura: por la ley de gravedad esta piedra caerá en dos segundos, pues en el primero corrió 15 pies y en el segundo 45 mas; esto es lo que hubiese hecho, si yo me hubiese limitado á dejarla caer por sí sola; pero yo he empleado una

fuerza de proyeccion en el mismo sentido; supon-
gamos que esta fuerza es capaz de hacer correr á
la piedra en un segundo otros quince pies, ya tene-
mos que en el primer segundo correrá treinta; y
como esta fuerza es uniforme, en el segundo corre-
rá 45 mas por la gravedad y otros 45 por la proyec-
cion, y caerá al suelo con una fuerza igual á su ve-
locidad final. Si lanzo la piedra en un sentido con-
trario, esto es, desde el pie de la torre á su plata-for-
ma, la piedra se apartará de la tierra con una ve-
locidad uniformemente retardada y recorrerá espa-
cios que serán para cada tiempo de su elevacion
iguales á los que la fuerza de proyeccion le hubiese
hecho correr por sí sola, menos los que la gravedad
hubiera podido hacerle recorrer en sentido contra-
rio, y llegará por lo mismo un punto en que se des-
truirá todo movimiento en el cuerpo y en que, em-
pezando á caer hácia la tierra, se conducirá como
cualquier otro cuerpo en caída libre. Por último si
yo tiro la piedra al aire de modo que forme la di-
reccion de la gravedad, el movil deberá describir
una curva que llaman *parábola*, porque las direc-
ciones de la gravedad, son, en poco espacio, sensi-
blemente paralelas entre sí. Mas la resistencia del
aire disminuye continuamente la velocidad de la
piedra, de lo cual resulta que la segunda rama de
la curva no es igual á la primera. Y teniendo en
cuenta rigurosamente la pequeña oblicuidad de las
direcciones de la pesadez se ve que sin la resisten-
cia del aire la curva sería una elipse, cuyo foco mas
vecino se hallaria en el centro de la tierra.

Eug. — Y si pudiésemos lanzar un proyectil con

tanta fuerza que venciese la de la gravedad, ¿qué
sucederia?

TEOD. — Ya debeis presumirlo en vista de lo
que antecede: no volveria mas por acá, y se quedaria
en un punto inmovil, puesto en equilibrio entre la
fuerza de atraccion de la tierra y del astro que tu-
viese mas cerca el cual seria la luna. Pero la mayor
distancia á que se puede arrojar un proyectil coin-
cide con una inclinacion de 45° al horizonte. Basta
ya de la gravedad y consideremos ahora la atraccion
entre los cuerpos de la tierra.

§ VIII.

Trátase de la adhesion de los sólidos y los líquidos.

TEOD. — Que los cuerpos de la tierra son atraí-
dos hácia su superficie, y que los astros lo son reci-
procamente, ningun físico actual lo duda, ó á lo
menos no lo disputa; no sucede lo propio con res-
pecto á la atraccion de un cuerpo pequeño con otro;
llamada adhesion, como ya llevamos dicho; pues si
bien es cierto que dos cuerpos sólidos ó líquidos de
superficies lisas y planas se unen estrechamente
cuando se aplican el uno al otro, hay físicos que no
atribuyen este fenómeno á una atraccion entre am-
bos á dos cuerpos, sino á la accion del aire que los
rodea, el cual los aprieta el uno contra el otro,
porque no hay aire entre los dos. Otros dicen que
es una atraccion reciproca de entrambos cuerpos

fuerza de proyeccion en el mismo sentido; supon-
gamos que esta fuerza es capaz de hacer correr á
la piedra en un segundo otros quince pies, ya tene-
mos que en el primer segundo correrá treinta; y
como esta fuerza es uniforme, en el segundo corre-
rá 45 mas por la gravedad y otros 45 por la proyec-
cion, y caerá al suelo con una fuerza igual á su ve-
locidad final. Si lanzo la piedra en un sentido con-
trario, esto es, desde el pie de la torre á su plata-for-
ma, la piedra se apartará de la tierra con una ve-
locidad uniformemente retardada y recorrerá espa-
cios que serán para cada tiempo de su elevacion
iguales á los que la fuerza de proyeccion le hubiese
hecho correr por sí sola, menos los que la gravedad
hubiera podido hacerle recorrer en sentido contra-
rio, y llegará por lo mismo un punto en que se des-
truirá todo movimiento en el cuerpo y en que, em-
pezando á caer hácia la tierra, se conducirá como
cualquier otro cuerpo en caída libre. Por último si
yo tiro la piedra al aire de modo que forme la di-
reccion de la gravedad, el movil deberá describir
una curva que llaman *parábola*, porque las direc-
ciones de la gravedad, son, en poco espacio, sensi-
blemente paralelas entre sí. Mas la resistencia del
aire disminuye continuamente la velocidad de la
piedra, de lo cual resulta que la segunda rama de
la curva no es igual á la primera. Y teniendo en
cuenta rigurosamente la pequeña oblicuidad de las
direcciones de la pesadez se ve que sin la resisten-
cia del aire la curva sería una elipse, cuyo foco mas
vecino se hallaria en el centro de la tierra.

Eug. — Y si pudiésemos lanzar un proyectil con

tanta fuerza que venciese la de la gravedad, ¿qué
sucederia?

TEOD. — Ya debeis presumirlo en vista de lo
que antecede: no volveria mas por acá, y se quedaria
en un punto inmovil, puesto en equilibrio entre la
fuerza de atraccion de la tierra y del astro que tu-
viese mas cerca el cual seria la luna. Pero la mayor
distancia á que se puede arrojar un proyectil coin-
cide con una inclinacion de 45° al horizonte. Basta
ya de la gravedad y consideremos ahora la atraccion
entre los cuerpos de la tierra.

§ VIII.

Trátase de la adhesion de los sólidos y los líquidos.

TEOD. — Que los cuerpos de la tierra son atraí-
dos hácia su superficie, y que los astros lo son reci-
procamente, ningun físico actual lo duda, ó á lo
menos no lo disputa; no sucede lo propio con res-
pecto á la atraccion de un cuerpo pequeño con otro;
llamada adhesion, como ya llevamos dicho; pues si
bien es cierto que dos cuerpos sólidos ó líquidos de
superficies lisas y planas se unen estrechamente
cuando se aplican el uno al otro, hay físicos que no
atribuyen este fenómeno á una atraccion entre am-
bos á dos cuerpos, sino á la accion del aire que los
rodea, el cual los aprieta el uno contra el otro,
porque no hay aire entre los dos. Otros dicen que
es una atraccion reciproca de entrambos cuerpos

real y positiva, y prueban de esta suerte que no es el aire. Aquí tenemos la máquina que hemos llamado pneumática, y aquí estos dos cristales planos adheridos, en uno de los cuales hay un gancho y en el otro un peso: ahora que están unidos en el aire direis que es este el que los mantiene adheridos, pongámoslos en la máquina pneumática, y estraigamos el aire: el fenómeno no varia; luego el aire no entra para nada en su verificacion.

ERG. — Me parece que el experimento es concluyente; puesto que el fenómeno se verifica, que esté ó no esté presente el aire, no será él la causa.

SILV. — Con todo no deja de ser muy extraordinario que dos cristales que no hacen nada entre sí, á pequenísima distancia adhieran fuertemente cuando se ponen en contacto. Aquí debe de haber algo que no esplicais. Yo concibo fácilmente que la tierra atrae un cuerpo á cualquiera distancia, y lo creo tanto mas cuanto á medida que se acerca á ella lo atrae con mas vigor; pero que un cuerpo que casi está tocando á otro no haga nada, y luego que le toque se una á él, no parece estar conforme con las ideas emitidas hasta aquí, si esplicais esto por la atraccion reciproca de dichos cuerpos.

TEOD. — Todo esto no es contradictorio sino en apariencia. Considerad en primer lugar que el peso absoluto de un cuerpo una arroba por ejemplo, es el resultado de la suma de las atracciones de todas las partículas del globo terrestre sobre la suma de las partículas de este cuerpo, y si se supone otro peso de una arroba que tire el primero, su fuerza

de atraccion será tantas veces menor que la gravedad, ó atraccion terrestre de todas las arrobas que puede haber en la masa de la tierra, y de consiguiendo esta fuerza será demasiado pequeña para poderla apreciar con medios ordinarios: acordaos de lo que dije del niño que tirase la bola y os lo aclarareis. En segundo lugar, creciendo la atraccion como el cuadrado de la proximidad entre los cuerpos, esta fuerza tan pequeña á cierta distancia, podrá hacerse muy sensible si la distancia es infinitamente pequeña, lo cual sucede en efecto en lo que se llama *contacto*; mas, aun cuando estas consideraciones basten para demostrar la posibilidad del hecho de la atraccion reciproca de los cuerpos, considerados en pequeña masa, quiero citaros los experimentos de Cavendish. Este físico tomó un alambre muy ligero y lo suspendió con otro alambre sumamente delgado, en los extremos del primero colgó dos pequeñas masas iguales; esta como balanza se llama en efecto la *balanza de Coulomb*. Hecho esto vió que habiéndose desviado de su direccion natural el primer alambre, y por lo mismo torcido el de que estaba suspendido, el primero hacia oscilaciones *isochronas* (palabra que quiere decir que se hacen en tiempos iguales, aunque los arcos descritos no lo sean) que podian contarse con mucha exactitud. Colocando en seguida en frente de uno de los extremos de dicho alambre un cuerpo de una masa bastante considerable y conocida, vió que la balanza hacia en cierto tiempo mayor número de oscilaciones que cuando no habia la tal masa; y hasta averiguó que diferentes masas producian ace-

leraciones diversas, y que la misma masa ejercia mas accion cerca que lejos, siguiendo todo exactamente las leyes generales de la atraccion que llevamos establecidas.

EUG. — Si esto es así en efecto, queda demostrado que la atraccion se ejerce entre las masas pequeñas como entre las grandes, y es fuerza atribuir la adhesion de dos superficies á esta atraccion considerablemente aumentada por una grandísima aproximacion.

TEOD. — Todavía quiero acabaros de confirmar en ello, y de convencer á Silvio de lo mismo con los siguientes hechos y reflexiones. Voy á probaros como las partículas de los fluidos atraen y son atraídas de los sólidos.

El agua ó cualquiera fluido en general, en tocando á un cuerpo sólido, se le quedan pegados, señal de que ella atrae ó es atraída por el sólido; y así aunque este se vuelva hácia arriba, y el fluido se vuelva hácia abajo, nunca cae todo el fluido, siempre queda el sólido mojado, lo que no puede suceder sin que queden en la superficie algunas partículas del fluido. Lo mismo sucede cuando mojamos el dedo en agua y le sacamos de ella: porque queda una gota pendiente que no acaba de caer. ¿Y qué razon se podrá dar de esta suspension del agua, siendo mas pesada que el aire, sino la atraccion que hay entre el dedo y el agua? Luego los fluidos atraen ó son atraídos por los sólidos, si echamos agua, vino, café etc. Si echamos, digo, cualquier fluido en un vaso, despues que se moja la interior superficie, vemos que el fluido sube por los lados

interiores del vaso (Fig. 28). La razon es, porque las partículas que tocan en la superficie interior, y están pegadas á ella por la atraccion, pesan menos en las inferiores, por tener una causa que las impide el descenso. Ahora, pues, pesando menos que las otras, bien se ve que para que se guarde la ley del equilibrio debe su columna ser mas alta, y tanto mas alta cuanto mas llegada al vidrio. Por la misma razon metiendo en el café la cucharita mojada vemos que sube el líquido agarrándose á la superficie de la cuchara algun tanto mas del nivel, lo que no sucede metiéndola seca, porque no se eleva la superficie alrededor de ella segun que se la va entrando; pero al retirarla ya el fluido se eleva, pegándosele á la superficie por estar ya mojada. Si arrojamos en un vaso de agua (Fig. 29.) un globo de vidrio hueco como los que sirven de bolas en los termómetros, la superficie del agua sube alrededor del globo mojado por la atraccion que digo; y si el globo se arrima á un lado del vaso, entonces se levanta el agua mucho, y causa admiracion el ver por fuera del vaso como se levanta casi media pulgada sobre el nivel (Fig. 29.). Echemos en el vaso de agua dos globos de vidrio delgado y huecos, veremos que estando ya mojados el uno va á buscar al otro, ó ambos buscan el borde del vaso si está mas cerca; de forma que cuando el globo está cerca del vaso se arroja con fuerza, y se oye el golpe que da. Despues daré la razon de esta espe-



Fig. 28.



Fig. 29.

riencia. Echamos en la taza de café un terron de azucar : este se va al hondo , y el aire incluso en él va subiendo , y hace una bombita : despues de esta viene otra porcion de aire y hace otra ; pero vereis que todas estas bombitas se van buscando unas á otras , de modo que se hace una espuma casi circular. Si cerca de esta espuma se mete una cucharita seca , la espuma se queda inmoble ; pero si quereis sacar la cucharita al punto va la espuma á buscarla , y se pega á ella : si no se mete cuchara alguna viene la espuma poco á poco á buscar el lado de la jicara que está mas cerca ; y cuando toca en él , es tan fuerte la atraccion , que la espuma , que era casi circular , se estiende por el lado de la jicara , y toma la figura de la luna nueva , arrimándose al lado del vaso. En todos estos casos se advierte el movimiento de cosas inanimadas , y así es efecto de la atraccion ; pero advierto que la atraccion que hace mover los globos ó la espuma no es inmediata de globo á globo ó de bombita á bombita , sino mediata , de este modo : el fluido sube por los lados de la taza y del globo (Fig 29) ; luego allí pesa menos , disminuyéndose la accion de la gravedad con la atraccion : no obstante , el fluido que no está entre el globo y el lado del vaso pesa mas libremente. En esta suposicion , si el peso del fluido en m es mas libre que en a , el globo deberá ser impelido de m hácia a , y ha de parar contra el lado del vaso que parecia atraer el globo. Del mismo modo se esplica la atraccion de los dos globos que la de las bombitas de espuma. Dí con un peso ordinario , cuyas balanzas eran de cuatro pulgadas de diámetro ; y

habiéndose casualmente vertido un poco de agua sobre la mesa en que estaban las balanzas , queriendo levantarlas para pesar cierta cantidad , yo advertí que una de las balanzas se me quedaba pegada á la mesa , porque sentaba sobre el agua ; y levantando mas el peso la balanza se quedaba fija , dejando con dificultad la mesa. Repetí la esperiencia , y siempre sucedió lo mismo ; y echando poco á poco peso en la balanza opuesta observé la fuerza de la atraccion del agua acerca de la balanza que estaba sobre ella , y conocí que era preciso poner algunas onzas para vencer la atraccion entre el agua y la balanza. Acordaos de la esperiencia que ya llevamos hecha con balanzas y el agua.

Dos pedazos de cristal mojados por dentro y juntos , habiéndoles interpuesto en un lado una moneda , y atándola , como se ve en la (Fig. 50) , sirven para hacer ver la atraccion por un modo extraño. Así que las estremidades inferiores de los vidrios tocan en el agua , sube ella por los vidrios arriba del modo que la figura lo representa. La razon es , porque quanto mas estrecho es el vacío entre los dos vidrios , es menor la distancia que tienen las partículas del agua de las paredes internas , y mas fuerte es la atraccion de ellas sobre el agua , y por eso pesa mucho menos , y debe subir mas donde el vacío es mas estrecho. Ahora , pues , la moneda entremetida por un lado hace que los dos vidrios se queden co-

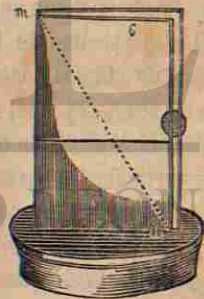


Fig. 50.

mo un libro que se empieza á abrir, cuya abertura es menor cuanto está mas distante del lado por donde se abre, y á proporcion que la abertura es menor la altura del fluido es mayor.

Todos los cuerpos esponjosos chupan el fluido, especialmente despues que ya se han mojado, y esto proviene de la atraccion que sus partículas tienen sobre el fluido. Una esponja seca embebe el agua; pero si la esprimen bien, y queda humedecida, bebe con mucha mayor fuerza el agua. El azucar en terron si en parte le introducen en el café empieza á chuparle, y tal vez sube el café por encima del nivel del que queda en la taza, penetrando por el azucar hasta una pulgada; y por esta misma razon sube el aceite por las torcidas mojadas en él.

EUG. — Todo esto son hechos que me convencen.

TEOD. — Ahora haré unas cuantas reflexiones sobre la proposicion antecedente y sus esperiencias.

Las partículas de los fluidos que se pegan á los vasos de vidrios hacen una linea curva, como se ve en las (Figs. 28 y 29): la razon de esto es bien clara. Dividamos el fluido que está dentro del vaso en hojas verticales, cuyo grueso sea el de una partícula; la primera hoja que toca en el vidrio es atraida por él con mucha fuerza, y de suerte que por mas que se sacuda el vidrio nunca suelta el fluido, pues siempre queda la superficie mojada; esta primera hoja atrae á la segunda; pero esta atraccion de las otras partículas del fluido no es tan fuerte, pues aunque se atraen se separan con mas facilidad que las de los sólidos, y contra esta atraccion milita el peso de esta segunda hoja. Siguese la tercera atraida por la se-

gunda, la cuarta por la tercera, y contra estas ya milita el peso de todas, pues todas se sustentan en la primera: por esto cuando una gotita de agua pegada á la superficie vertical del vidrio es muy pequeña se sostiene por ser mayor la atraccion que el peso; pero si fuere engruesando se desliza finalmente y cae, por ser ya mas fuerte el peso que la atraccion. Nótese que creciendo el número de hojas crece el peso, y no se aumenta la fuerza de la atraccion, aunque se va aumentando el número de las partículas atrayentes, porque las atracciones no se unen en una partícula; sucede lo que cuando un peso ya pende de la cuerda de un palmo y ya de otra de veinte palmos, que no por eso queda mas seguro, porque aunque se multiplica la cuerda las partes de esta ne se unen todas en el peso, como sucederia si este estuviera suspenso por veinte cuerdas, cada una de un palmo; pero siendo sola una cuerda de veinte palmos, hay veinte partes mas por donde puede romperse; y siendo veinte las partículas del fluido, que unidas á las otras se pegan en el vidrio, habrá veinte partes mas por donde (faltando la atraccion) se suelte la gota y caiga.

EUG. — Probadnos ahora que las partículas de los sólidos se atraen mutuamente en el contacto.

TEOD. — Tómense dos bolas de plomo, límeselas un poco para que queden chatas en una pequeña parte de la superficie, ó córtese con un cuchillo un poquito de cada una, de suerte que queden planas en una muy pequeña parte; cárguense y oprímanse una con otra, borneándolas algun tanto para que las dos superficies se ajusten bien, y se verá que

quedan presas una con otra, de tal modo que es precisa fuerza sensible para separarlas. El grande Desaguliers hizo esta experiencia de un modo que resultó un efecto admirable. Tomó dos bolas de plomo de una libra cada una, y con un cuchillo las hizo una superficie plana de dos líneas y media de diámetro, apretó la una con la otra, y pegaron de modo que sufrieron cuarenta libras de peso antes de separarse. Aquí se debe advertir que el peso del aire que corresponde á una columna de este diámetro será solamente de cinco onzas.

EUG. — Decís unas cosas que me pasman.

TEOD. — Dos pedazos de cristal de un espejo mojadados y unidos entre sí, dos piedras bien lisas del mismo modo, dos ó muchas tablas de marfil mojadadas se quedan pegadas entre sí, y esto sucede aun dentro del recipiente vacío de aire; y si los cuerpos son muy lisos y las superficies pequeñas, se pegan sin mojarlos, señal de que las partículas sólidas se atraen. Me acuerdo haber leído en Desaguliers que dos botones de cristal secos se le pegaron, de manera que se necesitaron setenta y nueve onzas para separarlos; fuerza mucho mayor que la del peso del aire correspondiente á sus superficies, porque la superficie plana tenia una línea de diámetro, y el peso del aire que la corresponde es poco mas ó menos de una onza. Los globos llamados de Magdebourg, estando vacíos de aire se quedan pegados, y poniéndolos en el vacío luego se desprenden. En los planos no sucede así, porque tan pegados se quedan fuera como dentro del vacío; prueba de que no es por la presión esterna del aire; además,

de que como he dicho, el peso del aire no puede hacer en estos casos un efecto tan grande como el que vemos. Tres cosas advierto ahora, la primera que mojar los planos tiene la utilidad de arrojar el aire intermedio, y como las partículas de agua y aceite llenan los vacíos que naturalmente quedan, pues nunca las superficies son matemáticamente lisas por este medio, la atracción del vidrio sobre el agua y la del agua sobre el segundo vidrio ayudan al efecto. La segunda, que el fluido con que se mojan debe ser muy poco, y lo menos que pueda ser, para que el vidrio toque en muchas partes en el vidrio, porque esta atracción siempre es mas fuerte que la de las partículas del fluido entre sí, y por eso conviene restregar con fuerza y maña un vidrio con otro despacio, porque así se advierte cuando se pegan bien. En las piedras muy lisas se puede ver el peso que sustentan por medio de anillos finos que se ponen en la una y en la otra (Fig. 51).



Fig. 51.

En los cristales de espejo se conoce la fuerza poniéndolos atravesados y ajustando cada mano á su vidrio. (Fig. 52). Lo tercero que advierto es que cuanto mas pequeñas son las superficies, mayores es á proporción la fuerza con que se unen los cuerpos.

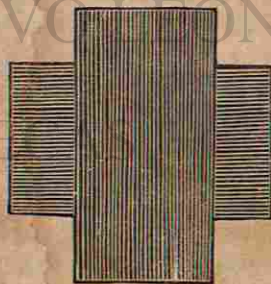


Fig. 52.

La razon está en la dificultad que hay en hacer dos superficies perfectamente lisas; y así en una superficie de dos líneas habrá dos ó tres prominencias muy tenues, sin que impidan el perfecto contacto de las superficies, y en las que fueren mayores habrá mas prominencias: de esta suerte cuanto mas corta fuese la superficie es mas regular que se halle sin altos y bajos. Para remediar este inconveniente se usa del fluido intermedio, á no ser así seria bien escusado, como lo vemos en algunas esperiencias. Ahora probemos que las partículas de los fluidos se atraen mutuamente; hagamos varias esperiencias, y sobre ellas las cortas reflexiones que permite una conferencia.

ESPERIENCIA PRIMERA. — Echemos una gota de azogue sobre un paño seco, veremos que si es muy pequeña se forma en figura esférica; pero si es mayor, el mismo peso la abate y achata, y aunque no queda esférica siempre es circular: si la apretamos por los lados oprimiéndola entre los dedos para que tome la figura oval, siempre que la dejemos libre vuelve á buscar la figura circular que antes tenia (Fig. 55). Este efecto, pues, alguna causa tiene: la



Fig. 55.

razon que dan los newtonianos es esta. En el diámetro mayor de la figura oval mn se cuentan v. g. veinte partículas de azogue: en el diámetro menor ae solo habrá diez ó doce; luego en la línea mn hay mucho mayor atraccion que en la línea ae . Pero siendo mayor la atraccion debe vencer á la menor, y m se llegará hácia n , y de este modo la gota se

hará circular, y solo así descansará; porque entonces, siendo todos los diámetros iguales, quedan en equilibrio las fuerzas de la atraccion que luchaban entre sí, pues no podia ser un diámetro mas corto que el otro en fuerza de su atraccion, sin que el otro resultase mas largo, á pesar de la atraccion de las partículas que en él hubiere.

IIª. Por la misma razon (Fig. 54), poniendo dos gotas de azogue sobre una mesa ó cualquier cuerpo liso y limpio, si las fuésemos poco á poco acercando la una á la otra siempre conservará cada una la figura circular; pero en el punto que se toquen se



Fig. 54.

convertirán repentinamente en una sola gota circular. La razon de esto es, porque entonces todas las partículas que estaban en la línea mn se atraen mutuamente, y m se llega con grande fuerza á n ; y no hay fuerza contraria que suficientemente se oponga á esta mutua atraccion de las partículas que van desde m hasta n . Adviértase bien que yo no digo que m atrae á n , pues estan muy distantes entre sí, sino que todas las partículas de esta línea y que se tocan entre sí se van mutuamente atrayendo; de forma que la línea mn se acortará hasta que las dos gotas hagan una sola redonda.

RESPUESTA FALSA. — Algunos quieren responder á estas dos esperiencias atribuyendo este efecto á la presión del aire; pero se engañan en la cuenta, porque si ella fuese desigual habia de ser mayor en ae (Fig. 55); esto es, en los lados mas largos de la figura oval que en los cortos mn ; y así si la gota era

oval habia de quedar mas larga con la opresion del aire; pero vemos al contrario que las partículas en *mn* se acercan mutuamente, y hacen retirar las otras en *ae*, lo mismo digo en la segunda esperiencia: luego solo la atraccion mutua de las partículas del azogue es la que puede hacer este efecto, ademas de que la presion del aire en todas partes es igual.

III^a. Quanto mas purificado es el azogue y el plano está mas limpio, tanto mas pronto muda de figura y forma mas perfecta la linea circular, porque entonces es mayor la atraccion, por no tener el azogue liga de metal extraño, ni el embarazo de la aspereza del plano en que se mueve: el azogue que hace cola está muy falsificado, y tiene mucha materia extraña mezclada.

IV^a. Los metales derretidos hacen el mismo efecto que hemos dicho del azogue, porque el efecto no procede de la calidad de esta ó de aquella materia, sino que se ve que es propio de toda la materia en general si las circunstancias le facilitan.

V^a. En las gotas de agua se ve lo mismo, pero con menor presteza y perfeccion; porque en el agua es mucho menor que en el azogue el número de las partículas, y su atraccion mas debil (porque ya sabeis que el agua es catorce veces menos densa): luego si la atraccion es propiedad de la materia, la fuerza que obra esta mutacion de figura será en el agua catorce veces mas debil; y por consiguiente lo escabroso del plano en que dan vueltas las gotas del fluido las causará un embarazo notable, el que

será mayor quanto mayor fuere la gota del fluido.

VI^a. Quanto mas pequeña fuere la gotita del azogue ó del metal mas esférica ha de ser. La razon es, porque si no fuera el peso del azogue, que siempre le impide el levantarse de la mesa, la gota seria perfectamente esférica; pero su peso obra contra la rotundidad y la achata, cuando la atraccion debiera hacerla esférica, pues solamente así quedaban todos los rayos desde el centro á la circunferencia iguales, y todas las atracciones en equilibrio.

VII^a. Todo fluido sube mas en el medio del vaso que en su circunferencia estando lleno; por esto podemos levantar en una jícara, el agua mas alta que está en sus bordes, y entonces se advierte que el fluido hace como una bóveda (Fig. 55). La razon es, porque atrayéndose mutuamente las partes del fluido, no pueden caer por el borde mientras la fuerza del peso no sea mayor que la de la atraccion: el peso quiere separar las partículas que estan en el borde de las otras que estan hácia dentro; pero la atraccion impide que se separen, y no las deja ir unas sin otras; y durante esta lucha, en tanto que el peso es poco, vence la atraccion y sube la superficie del fluido; pero cuando llega á ser tal el peso de las partículas que estan en el borde, que ya vence la atraccion de las inmediatas, estas las sueltan y cae una porcion de agua, y se deshace la bóveda, quedando el fluido á nivel.



Fig. 55.

Nótese que cuanto mas denso es el fluido mas alta y sensible es la bóveda, porque la atraccion es mas fuerte; y por eso el azogue consiente la bóveda mas elevada que la del agua. Nótese tambien que en los vasos estrechos es mas sensible la elevacion de la superficie; la razon es, porque una linea de elevacion comparada con dos ó tres lineas de diámetro del vaso es mucho mas sensible que comparada con dos ó tres pulgadas de diámetro. Basta lo dicho sobre la adhesión: pasemos ahora á la cohesion y demas modificaciones de la atraccion de las moléculas materiales.

EUG. — Vamos á ver que habrá de nuevo.

§ IX.

De la cohesion, atraccion de composicion, repulsion, fuerzas eléctricas y orgánicas, definicion de la fisica.

TEOD.—Todo lo que hemos dicho de la adhesion se aplica á la cohesion, pues si bien esta fuerza se ejerce entre las moléculas de un mismo cuerpo, deben considerarse estos como otros tantos cuerpos pequenísimos aproximados los unos á los otros. Esta fuerza comun á todos los sólidos y líquidos, y nula en los gases, presenta dos géneros de efectos diferentes. En los sólidos no solamente se opone á la separacion real de las partículas entre sí, sino á todo cambio de sus posiciones respectivas, mientras que en los líquidos se opone, á la verdad, á la separacion de las moléculas, pero no á su dislocacion.

Dad un martillazo contra esta pared, saltará un pedazo; habreis separado realmente las moléculas contenidas en el pedazo de las de la pared, mas la posicion de estas partículas es la misma tanto en la masa que forma el fragmento separado, como en la que forma la pared. No así sucede en los líquidos como el agua, el remo separa sus moléculas fácilmente, y el movimiento que les imprime con esta separacion las hace mudar de posicion, puesto que las unas ruedan sobre las otras. Coged un puñado de arena, y tendreis, hasta cierto punto, una idea de lo que pasa en esta circunstancia. Algunos han dicho que esta atraccion se ejerce en razon del cubo de las distancias; pero un célebre fisico, Laplace, halló un medio de conciliar la ley general con los fenómenos de cohesion, admitiendo que los intervalos que separan las moléculas hasta de los cuerpos mas sólidos, esto es, los pesos, son sumamente grandes con respecto al diámetro de estas partículas. Nada mas vario que la fuerza de cohesion en los cuerpos de naturaleza diferente. El azufre, el azucar, entre otros mil cuerpos que pudiera citaros, tienen muy poca fuerza de cohesion, si los comparamos con el hierro y el oro, y puesto que dijimos que las últimas moléculas de todos los cuerpos de la materia eran infinitamente duras, este fenómeno no puede depender sino del diferente arreglo de estas partículas, y sobre todo de su mayor ó menor aproximacion. Y en efecto variad la disposicion ó arreglo de las moléculas. El mismo azucar os presenta un ejemplo de esto, tanto el que llaman azucar piedra, como el azucar que echamos en el café, es el cuer-

Nótese que cuanto mas denso es el fluido mas alta y sensible es la bóveda, porque la atraccion es mas fuerte; y por eso el azogue consiente la bóveda mas elevada que la del agua. Nótese tambien que en los vasos estrechos es mas sensible la elevacion de la superficie; la razon es, porque una linea de elevacion comparada con dos ó tres lineas de diámetro del vaso es mucho mas sensible que comparada con dos ó tres pulgadas de diámetro. Basta lo dicho sobre la adhesión: pasemos ahora á la cohesion y demas modificaciones de la atraccion de las moléculas materiales.

EUG. — Vamos á ver que habrá de nuevo.

§ IX.

De la cohesion, atraccion de composicion, repulsion, fuerzas eléctricas y orgánicas, definicion de la fisica.

TEOD.—Todo lo que hemos dicho de la adhesion se aplica á la cohesion, pues si bien esta fuerza se ejerce entre las moléculas de un mismo cuerpo, deben considerarse estos como otros tantos cuerpos pequenísimos aproximados los unos á los otros. Esta fuerza comun á todos los sólidos y líquidos, y nula en los gases, presenta dos géneros de efectos diferentes. En los sólidos no solamente se opone á la separacion real de las partículas entre sí, sino á todo cambio de sus posiciones respectivas, mientras que en los líquidos se opone, á la verdad, á la separacion de las moléculas, pero no á su dislocacion.

Dad un martillazo contra esta pared, saltará un pedazo; habreis separado realmente las moléculas contenidas en el pedazo de las de la pared, mas la posicion de estas partículas es la misma tanto en la masa que forma el fragmento separado, como en la que forma la pared. No así sucede en los líquidos como el agua, el remo separa sus moléculas fácilmente, y el movimiento que les imprime con esta separacion las hace mudar de posicion, puesto que las unas ruedan sobre las otras. Coged un puñado de arena, y tendreis, hasta cierto punto, una idea de lo que pasa en esta circunstancia. Algunos han dicho que esta atraccion se ejerce en razon del cubo de las distancias; pero un célebre fisico, Laplace, halló un medio de conciliar la ley general con los fenómenos de cohesion, admitiendo que los intervalos que separan las moléculas hasta de los cuerpos mas sólidos, esto es, los pesos, son sumamente grandes con respecto al diámetro de estas partículas. Nada mas vario que la fuerza de cohesion en los cuerpos de naturaleza diferente. El azufre, el azucar, entre otros mil cuerpos que pudiera citaros, tienen muy poca fuerza de cohesion, si los comparamos con el hierro y el oro, y puesto que dijimos que las últimas moléculas de todos los cuerpos de la materia eran infinitamente duras, este fenómeno no puede depender sino del diferente arreglo de estas partículas, y sobre todo de su mayor ó menor aproximacion. Y en efecto variad la disposicion ó arreglo de las moléculas. El mismo azucar os presenta un ejemplo de esto, tanto el que llaman azucar piedra, como el azucar que echamos en el café, es el cuer-

po azucar: mirad con todo qué diferencia en la cohesion.

EUG. — No podiais escoger mas á propósito un ejemplo.

TEOD. — Mil otros os probarian lo mismo; pero basta este y otros que voy á citaros: el diamante y el carbon son de una misma naturaleza.

SILV. — ¡Qué disparate! Esta si que es fresca, y ya será difícil que me lo persuadais.

EUG. — En efecto, si no estuviese convencido que Teodosio no puede decir semejantes disparates, pensaria como Silyio.

TEOD. — No me enfado de vuestra sorpresa que os pone en camino de ser injustos, y no me estiendo en probarlo, porque no pertenece aquí. Si el buen doctor hubiese estudiado química no lo estrañaria como lo estraña: mas tened entendido que por lo mismo que os parece un disparate tan garrafal, no lo puedo decir atendidas mis circunstancias.

EUG. — Teneis razon, yo lo creo.

TEOD. — Como digo, el diamante es una masa de particulas de carbon puro: con todo es el cuerpo mas duro que se conoce; pues nada lo raya sino él mismo: y ya sabeis que un pedazo de carbon ordinario, es sumamente fragil y desmenuzable. Se ha observado que poniendo en un molde polvos de arcilla y comprimiéndolos fuertemente salen ladrillos bastante sólidos para poder edificar con ellos una pared.

SILV. — Cosas estraordinarias decís hoy, amigo.

TEOD. — Un físico frances ¹ vió una masa forma-

¹ Pelletan, *Traité élémentaire de Physique*, tomo I, p. 421.

da de hierro olvidadas por espacio de treinta años dentro de un vaso cerrado, que resistió el choque de un martillo. Estos y otros muchos hechos que pudiera alegaros os prueban pues que la fuerza de cohesion, es mayor ó menor segun el arreglo de las particulas y su aproximacion. De aquí no habeis de sacar la consecuencia precipitada de que cuanto mas peso específico tenga un cuerpo, mas duro y firme ha de ser; no digais eso; porque ahí está el plomo que es mas pesado que el cobre y el hierro, y menos duro que ellos; la razon es porque pueden las particulas estar muy juntas y tocarse muy mal. En un saco de balas estan estas lo mas junto que pueden, y solo se tocan en puntos si son perfectamente esféricas; en un almacen de cajas, aunque solo estén arrumbadas se tocan mas perfectamente; porque depende de que la figura de las particulas de la materia, se ajustan mas ó menos, y de los pesos pende estar mas ó menos apretados. Cuando hablemos de la cohesion de los sólidos en particular, veremos los diferentes grados de esta fuerza y lo que se llama *tenacidad*, *ductilidad*, *elasticidad*, etc., y si os acordais de lo que os dije sobre las propiedades de la materia, ya podeis concebir cuan impropias son de los cuerpos estas condiciones, puesto que dimanan y dependen de la accion de fuerzas, á que la materia obedece, y que pierden, cesando esta accion, sin que por esto dejen de ser los mismos cuerpos. Pasemos ahora á la atraccion de composicion. En los resultados de las atracciones antecedentes se puede decir que no hay sino agregacion de unas moléculas á otras, sean de un mismo cuer-

po ó de cuerpos diferentes, de suerte que los cuerpos, cuyas moléculas se agregan en virtud de la adhesion, ó cohesion, no mudan despues de ella sus condiciones distintivas; así por ejemplo, si mezclais el agua y el vino, unís estos dos líquidos poniéndolos en contacto, y cada uno conserva sus propiedades; lo mismo hace el agua y el azúcar. Si unís empero el cobre y el estaño, por ejemplo, fundiendo dos pedazos de estos metales, resultará el metal con que se hacen las campanas, mucho mas duro que el estaño y el cobre separados, el cristal, cualquiera vidrio es un cuerpo compuesto de arena, de la ceniza de cierta planta y otros ingredientes que no se parecen nada, no solo los unos á los otros, sino al vidrio ó cristal que forman. Esta fuerza de atraccion, esto es, la fuerza que uniendo intimamente las partículas de cuerpos diferentes, les da ó acarrea diferentes propiedades, es lo que se quiere significar, cuando se dice *atraccion* de composicion. Mas como hoy dia esta fuerza de atraccion se esplica por la fuerza del cuerpo que sellama *electricidad*, dejemos sus desarrollos y pormenores para cuando tratemos en particular de dicho cuerpo; y pasemos á otro punto.

SILV. — Largo rato hace que estais hablando de la atraccion, de los cuerpos, tanto en grande como en pequeño, y si bien habeis probado la existencia de ciertas fuerzas que impiden á las grandes masas aglomerarse en una sola, lo cual verificarian si solo obediesen á la fuerza de atraccion en un sentido, todavía no habeis dicho una palabra sobre alguna fuerza que se oponga á la aglomeracion de las molé-

culas, ó mejor al mismo grado de cohesion. Decís que es porque estan mas distantes las unas de las otras, ¿y por que guardan esta distancia? ¿quien les impide obedecer á la fuerza que las tira?

EUG. — Dificil será que escapeis á esta objecion, Teodosio: El doctor os aprieta.

TEOD. — La misma objecion me conduce á hacer os admitir la existencia de una fuerza de *repulsion*, á una fuerza que se opone á la de la atraccion. Si yo tiro hácia mí este peso; él se acerca, pero en el camino halla otro cuerpo que no le deja acercarse mas, el cuerpo se para y se sostiene á esta distancia aunque yo siga tirando, quitad el cuerpo interpuesto, el peso seguirá hasta tocarme, poned en vez de un cuerpo dos, el peso se mantendrá á mayor distancia. No podeis dudar de la fuerza de atraccion de las moléculas, ni de que no se tocan, esto es, de que se mantengan á cierta distancia; luego ha de haber algo entre ellas que contrarie su fuerza de atraccion. Pues bien esta fuerza es la accion del cuerpo llamado *calórico*; y para esplicar esta accion y los fenómenos que de ella resultan, se admite que está formado de partículas infinitamente pequeñas, sin peso sensible, por grande que sea la cantidad que se acumule, y tan sobremanera sutil, que no hay cuerpo que le niegue absolutamente el paso. Supónese en efecto que estas partículas pueden penetrar en el interior de todos los cuerpos; que tienen un cierto grado de atraccion sobre las partículas de estos cuerpos, y que estan dotadas de una fuerza de repulsion entre sí; inversamente proporcional á los cuadrados de las distancias; de modo

que se representa las partículas del cuerpo unidas á un cierto número de partículas de calórico, como solicitadas á la aproximacion por su atraccion propia y á la separacion por la repulsion de las moléculas del calórico. Voy á haceros comprender esto con un ejemplo trivial y grosero y por medio de la pizarra. Trazo esta (Fig. 56.), y supongo que AAAA son las moléculas de un cuerpo, BBBB

las del calórico que se han introducido entre sus vacíos, y se han unido con las del cuerpo por su atraccion de adhesion. Las líneas de punto CCCCCC representan la fuerza de cohesion con que se atraen reciprocamente las moléculas del cuerpo, las otras líneas representan la fuerza de repulsion del calórico: si ahora suponemos que la fuerza de las líneas de puntos es igual á la de las líneas de rayas, siendo de naturaleza contraria, esto es una de repulsion, otra de atraccion, claro está que las moléculas del cuerpo se han de quedar en equilibrio y por lo tanto guardarán entre sí cierta distancia, aunque se atraigan: quitad las cuatro moléculas de calórico, las del cuerpo se aproximarán y formarán la (Fig. 57.).

Poned mas partículas de calórico; las del cuerpo se alejarán mas y formarán la (Fig. 58), porque cuantas mas partículas de calórico introduzcáis entre las del cuerpo, mas apretadas estarán, cuanto mas apretadas estarán, tanto mas se rechazarán reciprocamente, y como se amparan de las del cuerpo,



Fig. 56.



Fig. 57.

vencerán su fuerza de cohesion y las harán separar hasta que conviertan un sólido en un líquido y el líquido en un gas; pues si con tal separacion llegan las moléculas á alejarse tanto, que ya no puedan guardar su posicion, aunque obedezcan todavía á su fuerza atractiva, ya tendremos líquido al cuerpo, y si tanta llega á ser la separacion que ya no se ejerza

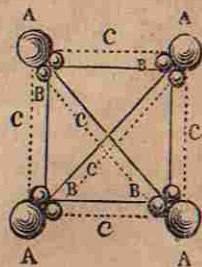


Fig. 58.

la fuerza atractiva, le tendremos vapor: y gas enfin si es permanente esta separacion. El hielo os dará un ejemplo de esto: sólido como es, no mudais, aunque lo quebranteis, la posicion de sus moléculas, lo calentais, en cuyo caso le introducis el cuerpo llamado calórico, y ya le teneis líquido; sus moléculas se atraen, pero ruedan unas sobre otras, calentais mas el agua se vuelve vapor; la cohesion es nula, y si quereis detener sus moléculas es preciso que lo encerreis dentro de un lugar cualquiera bastante resistente, para que no rompa sus paredes. Cuando el calórico se va al traves de las paredes que contiene el gas, y de allí á todo lo que le rodea, pues como vereis á su tiempo esta es una de sus propiedades, las partículas del vapor de agua se vuelven á unir y forman líquido, el agua ordinaria en la generalidad de la tierra; suponed que se enfria tanto que le quede poco calórico, se hiela y vuelve sólida.

ERG. — Os confieso que me habeis dado una idea clarísima no solo del punto que dificultaba Silyio,

sino de la formacion de los sólidos, líquidos y gases, pues veo que todas estas diferencias no dependen sino de la proporcion entre las dos fuerzas, atraccion y repulsion del calórico.

TEOD. Con todo tal cual dejamos aquí esta cuestion es muy incompleta: ya volveremos sobre ella en el tratado particular del calórico, y allí os acabaré de esponer una infinidad de cosas que os han de embelesar. Demos fin á nuestra conferencia de hoy, diciendo dos palabras sobre las fuerzas eléctricas, magnéticas y orgánicas, y definiéndoos la física, que es por donde hubiese empezado. Silvio. Voy á frotar este pedazo de nacar con esta piel: ahora le aproximo á esta bolilla de meollo de zahuco.

EUG. — Curioso es esto, primero la atrae luego la repele.

TEOD. — Lo mismo hará con este vidrio siendo así que como veis no lo hace ahora: lo froto pues, ensayo: ya la atrae y la repele.

EUG. — ¡Hombre! esto no será por la gravedad ni por el calórico!

TEOD. — ¿Habeis oido hablar de la piedra iman?

EUG. — Si; ¿teneis alguna?

TEOD. — Ved ahí una: mirad como atrae el hierro.

EUG. — Otra que bien baila; esto tampoco sigue las leyes que nos habeis explicado: yo creí que eran generales.

TEOD. — Los dos hechos notables que acabais de presenciar y la estrañeza que os causan, siendo así que no dejais de hallaros en disposicion de hacer

aplicaciones de lo que os he enseñado á todos los fenómenos competentes, os conducirán á creer que estas fuerzas de atraccion y repulsion son diferentes de la gravedad y del calórico, y que cuando las produzco á mi antojo, no han de ser de las constantes, sino de las que dijimos variables. En efecto, á la primera se llama *fuerza eléctrica y magnética* la segunda; sabed que existen, y aguardad mas detalles acerca de ellas para cuando las tratemos en particular. Solo nos quedan las *orgánicas* pertenecientes á los cuerpos dotados de vida, y tambien os aplazo para su esplicacion á otra tarde. Ahora pues que teneis una idea clara de la materia, de sus propiedades generales, de las fuerzas que obran sobre ella, de las leyes de estas fuerzas y de los fenómenos que resultan, ahora os definiré la física, pues estoy seguro que comprendereis mi definicion, ó por mejor decir, quiero que vos mismo os la definais.

EUG. — Me parece que debe definirse como la habeis definido: *aquella ciencia que trata de la materia, de las fuerzas naturales que obran sobre ella, y de los fenómenos que resultan.*

TEOD. — Ya veis como vos mismo, en atencion á que conoceis todo lo que entra en vuestra definicion, os salis airoso de este empeño sin ninguna dificultad.

SILV. — Poco á poco, amigos, esta no es la verdadera definicion de la física, y aunque Eugenio tenga á la verdad un talento despejado, no ha de enfadarse que le diga que no está en el caso todavía de hacer definiciones exactas.

TEOD. — Pues ¿qué entendeis vos por física?

SILV. — Lo que entendian los sabios de mi tiempo, á saber aquella ciencia que trata de todas las cosas naturales, esto es de los cielos de los astros y metéoros, de la causa de las lluvias, vientos y origen de las fuentes y mareas, de cada uno de los elementos y sus propiedades, en fin de todo cuanto tenemos en la tierra, mereciéndole especial cuidado las plantas, brutos y el hombre con todo lo que sirve á sus sentidos. Esto es lo que yo entiendo por física ó filosofía natural que es lo mismo, y aunque mi definicion parece un poco confusa, porque uno no se acuerda de la precision de las aulas, cuando hacetiempo que dejó sus bancos, siempre resulta que vuestra definicion no abraza sino una pequenísima parte de la física, cuyo verdadero sentido quiere decir ciencia de la naturaleza.

TEOD. — Ya sé que antiguamente la física significaba la ciencia de la naturaleza, mas como hoy dia la ciencia de la naturaleza es muy vasta y abraza muchos ramos diversos bastante estensos por si mismos, se ha procurado separarlos para mayor facilidad en su estudio, y bajo el nombre de ciencia de la naturaleza, ó mas propiamente ciencias naturales, se comprende en primer lugar la *Física* propiamente tal, que estudia los fenómenos sensibles de todos los cuerpos; luego la *Historia natural* que clasifica y describe los diferentes seres de la tierra; en seguida la *Química* que examina las acciones íntimas de las moléculas de los cuerpos, y por último la *Fisiología* que estudia los fenómenos y acciones de los cuerpos vivos. Con que ya veis que la física no forma mas que un ramo de los conocimientos naturales, y

Eugenio ha hecho muy bien limitándose á decir de esta ciencia lo que ha dicho. Por lo demas, no ha de ser muy facil definir la física, cuando casi cada físico actual da de ella definiciones diferentes. Mas á nosotros nos importará poco esta cuestion, pues se trata de saber las leyes de la naturaleza y explicar sus fenómenos; y puesto que con la ayuda de Dios iremos recorriendo todos los ramos recreativos de las ciencias naturales, no nos entretengamos mas en ello, y vámonos á pasear por las huertas, pues ya hace rato que dura nuestra conferencia y estamos algo a-brumados.

ETG. — En efecto esta tarde me habeis dicho muchas cosas, y me temo que se me han de escapar algunas.

TEOD. — No será un gran mal; porque hasta aquí os he explicado toda la física entera bajo un punto de vista general: en globo como quien dice; y de aquí en adelante no haremos sino aplicaciones de estas generalidades á particulares casos: así pues, si no os acordais lo reproduciremos haciendo la aplicacion, y siempre ireis progresando.

ETG. — No dudo de vuestro método de enseñanza ni de vuestra benevolencia; con todo procuraré en mi casa retener cuanto me habeis dicho.

TEOD. — ¿Con qué nos vamos á paseo?

SILV. — Vamos, aunque ya es tarde, y yo tengo esta noche una consulta.

TEOD. — Entonces os acompañaremos un buen trecho, y esto nos servirá de paseo.



TARDE TERCERA.

APLICANSE LAS NOCIONES GENERALES QUE HEMOS DADO
SOBRE LA MATERIA, LAS FUERZAS Y MOVIMIENTOS
A LOS CUERPOS SOLIDOS.



§ I.

Aplicanse á los cuerpos sólidos las propiedades generales de la materia.

TEOD. — Buenas tardes, amigo Eugenio; siempre sois el primero en llegar; bien veo que os recrean nuestras conferencias literarias.

EUG. — Os aseguro que estoy anhelando esta hora, como el muchacho holgazán la de salir de la escuela.

TEOD. — Graciosa es la comparación, cuando tomáis por punto comparativo un perezoso.

EUG. — Pero es para haceros ver los deseos en que estoy de hacer aplicaciones á casos particulares de lo que me habeis enseñado en las tardes anteriores. Yo no me he contentado tan solo en retener lo que ayer y ante ayer dijisteis, sino que ya tengo hechas mis incursiones por el campo de los fenómenos, y me pongo á explicármelos: veo que se cae una piedra y me digo, corre tantos pies en un

segundo; allá estoy viendo una rueda de molino, y me digo, fuerza centripeta que se halla en el eje donde están fijas las hastas, fuerza centrífuga que es el viento que da contra las hastas...

TEOD. — Bravo, amigo, si todas las aplicaciones que haceis se parecen á estas y seguís con igual ardor, seréis un físico consumado; ¡ah! allá viene Silvio, y según lo vivo que anda parece que no tiene menos ganas de asistir á la conferencia.

SILV. — Adios, señores, creo que he llegado tarde.

TEOD. — No; llegáis muy á propósito, y sabed que nuestro alumno no piensa sino en su física; apostaría que al veros venir tan aprisa, ya ha calculado cuanto era vuestra cantidad de movimiento y velocidad.

SILV. — Eugenio se volverá loco con su física.

EUG. — No hay cuidado, ya sabré moderarme; y puesto que ya nos hallamos reunidos; soy de parecer que Teodosio prosiga su tarea.

TEOD. — Vamos á ello: sentaos y escuchad. Hasta ahora, amigo Eugenio, hemos considerado la materia en general, haciendo abstracción de los diferentes estados en que la vemos; ahora será preciso que apliquemos las generalidades al estudio de los fenómenos que presentan los cuerpos tales como los ofrece la naturaleza bajo la forma de sólido, líquido, ó aeriforme. Independientemente de sus propiedades generales los cuerpos producen fenómenos que no pertenecen indistintamente á toda especie de materia; sino que están determinados por el arreglo particular de las moléculas en aque-

llos diferentes estados. Así pues empezemos este estudio por los sólidos, y veamos que hay que decir de ellos tocante á la estension. Ya sabeis que la estension ilimitada pertenece al espacio, y la limitada á los cuerpos, por lo tanto estos han de presentar necesariamente *formas y figuras*. Todo cuerpo sólido tiene cierta figura determinada que goza de cierta fijacion ó constancia, puesto que es propiedad característica de los sólidos el que sus partículas guarden entre sí relaciones de posicion que no se muden sino bajo el influjo de una fuerza bastante considerable. Esta figura puede ser irregular, esto es, no referirse á ninguna forma geométrica; lo cual depende de una infinidad de causas que pueden considerarse perturbadoras, por cuanto todos los cuerpos de la naturaleza parece que tienden, cuando nada se lo impide, á tomar formas regulares. La reunion tumultuosa de las moléculas, el roce, el choque, el rompimiento, y otras cien causas que no sería facil enumerar producen las formas irregulares de los sólidos. Un golpe descargado contra una roca hace saltar pedazos de formas diferentes, el roce de los guijarros en el cauce de los ríos les da sus figuras que de angulosas que eran se redondean mas ó menos, etc. Cuando son regulares las formas de los sólidos se llaman poliedros que quiere decir de muchas caras, ó bien *cristales* á causa de su *trasparencia*, y por la misma razon se dice *cristalizacion* la operacion en que se ve á menudo formarse poliedros regulares. Y advertid que aquí no se trata de las formas regulares que el arte da á los sólidos, sino de los que producen por sí solas las

fuerzas de la naturaleza. Ahí teneis un poliedro regular, es un pedazo de sal de Cardona, donde sabeis que hay una montaña natural de sal, y que por lo mismo se cristalizó por las solas fuerzas de la naturaleza; mirad que vivos y rectos son las líneas de sus cantos, y que planas son sus caras. Si lo cortásemos metódicamente quizas levantaríamos láminas enteras, ú otras figuritas regulares; y así es que de estos cristales forman en Cardona varios juguetes que los equivocariais con otros formados de cristal. Lo que os digo de esta sal, pudiera deciroslo de aquellos que visteis en mis armarios la primera tarde, y notad que si los rompeis tal vez tendreis figuras regulares tal vez irregulares; pero siempre habeis de advertir que mas os costará romperlos por un lado ó una direccion que por otra. Esto os prueba que independientemente de la forma regular general del cristal, hay tambien cierta disposicion regular de sus partes interiores, de suerte que parecen aplicarse las unas á las otras, por capas, en ciertas direcciones particulares y segun leyes que deben de ser constantes, puesto que los mismos cuerpos se presentan siempre con las mismas formas regulares. Cuando dividís un cristal por capas se dice *division mecánica* y hay una ciencia que se ocupa en sus formas diversas y leyes segun las cuales se establecen llamada *Cristalografia*, de la cual solo os daré una idea ligera, á fin de que no halleis ningun embarazo cuando se hable en lo sucesivo de puntos que hagan relacion á este. Hay *cristalizacion* siempre y cuando las partículas destinadas á formar un sólido, hallándose separadas

unas de otras, quedan luego perfectamente libres para poderse reunir lentamente, segun las leyes de la naturaleza, y sin que ninguna accion mecánica estrangera venga á desarreglar la influencia de estas leyes. En la naturaleza se hallan una infinidad de cristales; las montañas no parecen otra cosa, y no está á nuestro alcance decir las circunstancias en que se han formado; mas hay tambien una infinidad de cuerpos, cuya cristalización nos podemos procurar artificialmente. He aquí los tres medios generales que se conocen para obtener las circunstancias necesarias á la cristalización: la *disolucion*, la *volatilizacion* y la *fusion*.

ETG. — Si no me esplicais luego lo que quereis decir con estos términos me voy á quedar á oscuras.

TEOD. — Justa es vuestra observacion: voy á verificarlo. Si echais azucar en el agua, las partículas de este cuerpo sólido se separan unas de otras vencida con la accion del líquido que se introduce en sus poros, su fuerza de cohesion; y lo están tanto que ya pueden rodar unas sobre otras, como las del líquido que las ha separado y hecho el azucar tan líquido como él mismo. En este caso se dice que el azucar está *disuelto* en el agua, que hay *disolucion* ó *solucion*. Hecho esto dejais el vaso, donde se ha disuelto el azucar, en reposo por algun tiempo; el agua se marcha evaporándose, y las moléculas del azucar separadas á medida que el agua está quieta y va marchando, se aproximan recíprocamente, se deponen en el fondo del vaso, se disponen en cierto orden, cristalizan en una pa-

labra, y toman la forma de lo que se llama prismas de cuatro ó seis caras. Ya veis pues que por medio de la disolucion del azucar en el agua hemos obtenido azucar cristalizado, el *cande* ó *azucar piedra*, no es otra cosa. Lo propio sucede con los demas cuerpos, con la diferencia que unos exigen mas agua que otros, estos la quieren mas ó menos caliente y aquellos piden en vez del agua, el alcohol ó espíritu de vino, ú otros líquidos mas capaces de disolverlos. Cuando el líquido que disuelve el sólido contiene tantas moléculas de este, cuantas puede contener, se dice que está *saturado*. Si en vez de agua tomais un pedazo de azufre y calentándolo le introducis la cantidad de vapor necesaria para reducirlo á vapor, que es lo que se llama *evaporar*; haciendo de suerte que este vapor sea recogido en algun vaso y luego lo dejais enfriar poco á poco poniendo en contacto del vaso cuerpos frios, las partículas del azufre evaporado se dispondrán de una manera análoga á la precedente y obtendremos sólidos regulares. Si lo dudais voy á practicarlo.

ETG. — No lo dudo de ningun modo, pues concibo claramente su razon.

TEOD. — Este segundo modo de hacer cristalizar un sólido lleva el nombre de *volatilizacion*, ó *sublimacion*. Si en vez de sublimar el azufre nos contentamos con derretirlo, y luego que está derritido le dejamos enfriar; si antes que esté del todo enfriado, rompemos la costra que se forma y dejamos salir por el agujero el azufre todavía derritido, que está debajo, le veremos igualmente cristalizado en la costra que hemos roto. Esto es pues lo que se

llama *fusion*, la cual no es en efecto mas que el paso de un sólido al estado líquido por medio del fuego, así como la solucion lo es por medio de otro líquido. Esplicándoos lo que eran los tres medios susodichos, os he probado que realmente producen la cristalizacion; mas guardaos de creer que es solo la atraccion facilitada por nuestros tres modos de operar la que juegue el principal papel en el fenómeno, pues la accion de dicha fuerza no se estiene sino á formar masas mas ó menos compactas, sin tener ningun influjo en las figuras de los cristales, y ya sabemos que si ella obrase sin ninguna otra accion modificadora, habria de producir formas esféricas, segun lo que llevamos dicho.

EUG. — ¿Y no se sabe cuales son las causas que obran juntamente con la atraccion?

TEOD. — Se cree ó parece que concurren con ella á la formacion de los cristales tres cosas, á saber: 1º. la forma geométrica *primitiva* de las partículas de la materia: 2º. cierta tendencia de estas moléculas á reunirse, en determinado número: 3º. la existencia de ciertos ejes de las partículas cuyas estremidades ejercen acciones contrarias y se atraen ó repelen como vereis á su tiempo, que lo hacen, lo que se llama polos del iman, ó las puntas de dos agujas cebadas en este extraordinario cuerpo. Sobre la forma primitiva de las moléculas hay mucho que decir, y no es punto todavía decidido, pues unos como Haüy, que ha formado una teoría sobre el particular, cree que las formas constantes de los cristales son cinco y tres las constantes de las partículas primitivas que llaman *inte-*

grantes, esto es, porque cada partícula es igual en propiedades y formas al cuerpo entero; mientras que otros han hallado, como Mitcherlich, excepciones numerosas á la ley de Haüy, y por lo tanto no sabemos á que atenérnos acerca de esto, y como yo no quiero engolfaros en los altercados de las academias, dejaremos á un lado y para cuando vos mismo querais estudiar mas profundamente esta clase de materias, el cuidado de aclararlas.

SILV. — Haceis muy bien en esto, y ya iba á indicaroslo cuando vuestra discrecion me ha ganado la mano.

TEOD. — Os aconsejo, Eugenio, si deseais mas pormenores sobre este punto curioso, que leais la obra titulada *Traité de Cristallographie de Haüy*, donde hallareis bastantes desarrollos de lo que nuestras conferencias no nos permiten circunstan-
ciar mas.

EUG. — Lo haré á su tiempo, cuando mi ojeada pueda dilatarse mas allá de lo que ahora sé: seguid adelante en lo que tengais á bien enseñarme, yo me conformo enteramente á vuestro método.

TEOD. — Digamos algo sobre la porosidad de los sólidos. Todo lo que dijimos de la porosidad de la materia es igualmente aplicable á la de los cuerpos sólidos, y ya nos valimos de ellos para probar la existencia de esta condicion accidental de la materia, por ser los sólidos donde está mas patente. Desde el mas duro, al mas fragil y menos túpido, todos presentan sus poros y se dejan penetrar, cuando no por un líquido ó fluido, por otro. Habeis visto en algunas grutas no solo mojas las rocas sino go-

tear agua en tanta cantidad que dan margen á una fuente : pues esta agua pasa por los poros de las peñas en cuyo interior hay algun depósito natural de las aguas pluviales que filtran por la tierra. Piedras por este estilo son muy útiles para filtrar las aguas de los rios y de la lluvia y hasta la del mar , porque los poros no dejan pasar mas que el agua pura, y lo que la enturbia y la hace poco ó nada potable se queda en el depósito, por esto veis el agua de dichas fuentes tan cristalina. Los metales, con ser los cuerpos mas densos que hay en general, tienen tambien sus poros, los académicos de Florencia, vieron trasudar una bola hueca de hierro llena de agua y fuertemente comprimida. El hierro colado no ha podido servir en ciertas prensas de agua, y ha sido necesario forrar la bomba de cobre porque el agua comprimida se escapaba al traves del metal. Con todo hay sólidos donde parece fuera de nuestros alcances probar la porosidad. Vos, me acuerdo, que hablando sobre este asunto la primera tarde, me citasteis contra la porosidad de todos los cuerpos el vidrio. En efecto, el vidrio no deja pasar ni fluido, ni sólido, al traves de los espacios de sus moléculas, mas no podemos dudar que tiene estos espacios, puesto que enfriándose mucho se pone mas denso, esto es sus partículas se aproximan. La facultad que en virtud de sus poros tienen los sólidos, de empaparse de los líquidos se llama *imbibicion*, la cual consiste en efecto en que las partículas del líquido de que se embebe el sólido se introducen en los poros de este para permanecer en ellos por mas ó menos tiempo. Esta propiedad

es susceptible de mil modificaciones que no parecen depender, ni de la magnitud de los poros del cuerpo que se embebe, ni de la pequeñez de las partículas del fluido que le penetra. Ya os dije que el oro se embebe rápidamente del azogue y no lo hace de ningun otro líquido, el marmol no se embebe de agua, y se empapa fácilmente de aceite; las cuerdas de cañamo, las de tripa, la madera, se embeben tambien con mucha facilidad de agua, pero advertid una cosa : cuando el sólido es muy denso, aunque esté penetrado por un líquido no aumenta de volumen; pero si es poco denso y sobre todo si es un cuerpo orgánico, esto es, procedente de planta ó animal, aumenta considerablemente de volumen, ahora en todos sentidos, ahora en uno solo.

EUG. — Razon teneis en ello, Teodosio, y ahora ya comprendo la verdadera causa y su mecanismo : en casa tenemos cubas que si llegan á secarse, dejan las duelas entre si claros por donde escapa el agua si metemos en ellas, pero luego de mojada, las duelas se estrechan, los claros desaparecen, y ya se puede poner dentro agua y vino que no escapa.

TEOD. — ¿Con que las duelas se estrechan? ¿Habéis observado si se alargan?

EUG. — No.

TEOD. — Pues yo os digo que no; el agua pasa á lo largo de los hilos de la madera y los separa, y de aqui procede que se ensanchan y no se alargan. Al contrario sucede en los cabellos y cuerdas de la guitarra, por ejemplo.

EUG. — Decis verdad, yo conozco la humedad

del tiempo por mis cabellos que me parecen mas largos y mas blandos, y por las cuerdas de mi guitarra que se aflojan.

TEOD. — Las cuerdas de cañamo torcidas en espiral, cuando se embeben de agua, esto es, cuando se mojan, se acortan porque crecen por los lados. El papel que está formado de pequeñas fibras no torcidas, se alarga en todos sentidos, cuando se moja, y este es el medio que se emplea para teñirle, fijándolo por sus bordes en el momento en que el pliego húmedo ocupa mas estension que en su estado natural.

EUG. — También me acuerdo haber observado mas de una vez que mojando un pliego de papel por una cara, esta se ensancha y la otra no, y se encorva el papel, y ahora ya veo lo que antes no era para mí sino confusion.

SILV. — Lo mismo sucede si lo calentais, sino que se encorva al contrario.

TEOD. — Es que la misma razon milita por ambos casos. El papel, por seco que esté, siempre contiene un poco de agua, y si lo secáis al fuego, por un lado, el agua se evapora: las fibras se acercan, ocupan menos lugar, y se encorva la otra cara sobre ellas por ocupar mas espacio.

EUG. — No podeis figuraros cuanto me encanta comprender tan fácilmente la razon de unos fenómenos que á cada paso observaba sin saber la causa ni el porque de su produccion.

TEOD. — Esto tambien os conducirá á esplicaros porque los tegidos de hilos torcidos se acortan al lavarlos: mas advertid que si no sucede mas que á

la primera ó segunda vez es porque en las torceduras multiplicadas de las fibras hay muchos roces que las gastan, y cuando se secan ya no recobran su antiguo estado; de aquí procede que acaban las telas por no acortarse, aunque las laven: al contrario sucede que una tela cuando es vieja se alarga si la mojan y se acorta si la secan.

SILV. — ¿Y de qué utilidad os ha de saber todos estos pormenores, ya que estais tan contento de ellos?

TEOD. — Si sabe hacer su debida aplicacion, no dejarán de reportar estos conocimientos sus ventajas. Si por ejemplo quisiere ó necesitase torcer un palo, un pedazo de madera, no tendria mas que hacer sino calentarlos por un lado, habiéndolos mojado por el otro. Si se dedicase á embutir, esto es á pegar laminillas de madera fina á otra mas grosa, y las quisiere planas, sabia que es necesario poner cola en ambos lados; de lo contrario las láminas se encorvarian. Si desease grabar un bajo-relieve en una madera, podria hacerlo por un método que descansa en los principios establecidos. Con unos punzones se hunde toda la porcion de madera que se quiere poner en relieve; luego se cepilla lo restante de la madera hasta que quede al nivel de lo hundido con los punzones: hecho esto, se sumerge la madera en el agua, y empapándose de agua todas las partes comprimidas con los punzones, recobran su primer volumen y queda el relieve tal como se desea. Todavía os citaré otra ventaja no menos grande que esta propiedad reporta á las artes. En algunas canteras se hacen rue-

das de molino, ó cortan grandes pedazos de piedra abriendo con el escoplo una muesca en toda la circunferencia de la masa que se quiere separar, y luego se mete á martillazos, en esta muesca, una infinidad de cuñas bien secadas al fuego; hecho esto basta mojar estas cuñas, y hacerlas empapar de agua, para que su fuerza de dilatacion divida la masa de la piedra cuya cohesion total presenta una resistencia equivalente á una fuerza de muchas arrobos. Esto y muchos otros casos que omito os manifiestan claramente que lo que os enseño, Eugenio, reúne lo agradable á lo provechoso.

ERG. — Ya lo veo, y os confieso que me interesais cada vez mas. Pero si no me engaño habeis dicho que la imbibicion no depende de la magnitud de los poros, ni de la figura de las moléculas del liquido. Yo quisiera saber, con todo, de qué depende.

TEOD. — Parece depender de una especie de atraccion particular ejercida entre las moléculas del liquido y las del sólido, atraccion que puede compararse á una fuerza enorme, pues ya habeis oido lo de los que trabajan en las canteras, y por otra parte no hay mas que tomar un pedazo de barro, mojarle, y emplear la fuerza que se quiera para hacer entrar en él mayor cantidad de agua, ya no lo lograreis; lo cual prueba que la primera agua de que está embebida la arcilla se halla tan fuertemente unida á esta que nada vence la tal union. Yo creo que ya os he dicho bastante por ahora acerca de la porosidad de los sólidos: pasemos pues á otros puntos. La movilidad presenta en estos cuerpos algunas

modificaciones que dependen de su estado, en efecto hay cuatro géneros de movimientos posibles para ellos á saber: 1º un movimiento de traslacion total, en el cual las moléculas no mudan entre sí de relaciones, como cuando un carro va de un lugar á otro, en cuyo caso siguen las moléculas del cuerpo necesariamente unas al lado de otras, formando una masa comun, de suerte que un movimiento comunicado á la una se comunica á todas. 2º Un movimiento de rotacion en torno de un eje como el peon que hace bailar un niño. 3º Un movimiento general de aproximacion ó separacion de las moléculas llamado *condensacion* y *dilatacion*, el cual depende del calórico. 4º Por último un movimiento particular de agitacion de las moléculas que se conoce bajo el nombre de vibracion, el cual es tanto mas rápido en los cuerpos sólidos cuanto mas retenidos estan en su lugar por fuerzas muy enérgicas. Cuando hablemos del movimiento de los cuerpos sólidos os entretendré con las dos primeras clases de estas cuatro modificaciones del movimiento general de la materia; del tercero os hablaré cuando veamos el calórico, y por último del cuarto no trataremos sino al fin de nuestras consideraciones sobre los sólidos. En cuanto á la divisibilidad, puesto que los cité á menudo por ejemplo, ya podemos decir que va explicado cuanto les pertenece. Hay que advertir con todo que cuando se divide un cuerpo sólido, aunque conserva su caracter de solidez en cada una de sus particillas, le pierde relativamente á la masa primitiva; ya sabeis que se muda en polvos, ó arena, y aunque las partículas de estos polvos se toquen ó

parezcan tocarse, ya no se fijan las unas á las otras y no forman como antes un sólido, sino un monton de moléculas, que representa, comparado con lo que antes formaban, un puñado de arena con una piedra. Y esto os demostrará hasta la evidencia cuanto distan los procederes mecánicos, dividiendo las partículas de la materia, de llegar á los verdaderos átomos; por fino que sea el polvo, jamas llega á ser líquido: reducid como queráis el hierro á las limaduras mas finas, siempre será un monton de partículas de hierro sólido, ponedlas al fuego y haced que se derritan, desde luego le teneis líquido, con todas las condiciones de tal, y si le dejais enfriar lo volveis á tener sólido, prueba de que las moléculas infinitamente divididas se han tocado por mas partes con la ausencia del calórico, que cuando estaban reunidas en granitos de limaduras y se han pegado las unas á las otras. Lo que he dicho de la divisibilidad lo digo tambien de la impenetrabilidad, sabeis cuanto hay que decir sobre ella aplicada, á los sólidos en los cuales es mas aparente y sensible que en los demas. Así que podemos entrar en la aplicacion de lo que dijimos sobre las fuerzas.

§ II.

Trátase del peso de los sólidos y en especial de su pérdida de peso sumergidos en los líquidos.

TEOD. — El estado de los cuerpos no influye en nada sobre su atraccion recíproca, cuando esta se

ejerce á grandes distancias; así vereis, cuando tratemos de la geología, que la porcion de la tierra, cubierta por los mares, sin duda mayor que la que no lo está, obedece del propio modo á la atraccion solar, y concurre á producir la que retiene la luna en su curso, con los llanos y montañas; y es tal la semejanza, que aun cuando los planetas fuesen líquidos ó gases, el sistema astronómico no presentaría otras leyes. No sucede otro tanto cuando la atraccion se ejerce á pequenísimas distancias ó en el contacto, en cuyo caso la forma y consistencia de estos cuerpos, pueden influir considerablemente en la produccion de los fenómenos, por lo tanto se hace forzoso examinar con especialidad el *peso*, *adhesion* y *cohesion* de los sólidos, y no os pese, amigo, que os entretenga con sus detalles, porque darán margen á la esplicacion de fenómenos curiosos que os han de interesar.

EVG. — Ya lo presumo, Teodosio, y os aseguro que jamas hallareis frios mis deseos de escucharos.

TEOD. — En cuanto al peso absoluto de los sólidos, hay poco que añadir á lo que os dije en la segunda tarde, como no sea que estando las partículas del sólido íntimamente unidas las unas á las otras, las diferentes fuerzas que animan estas partículas no pueden obrar separadamente; de suerte que aplicada una resistencia á cierto número de estas partículas, ó á una sola, recibe la suma de accion de todas las partículas, y las retiene todas como si cada una de ellas se viese combatida á parte. Por esto teneis que podeis suspender una masa de plomo con un hilo atado á cualquiera punto de dicha masa. La

parezcan tocarse, ya no se fijan las unas á las otras y no forman como antes un sólido, sino un monton de moléculas, que representa, comparado con lo que antes formaban, un puñado de arena con una piedra. Y esto os demostrará hasta la evidencia cuanto distan los procederes mecánicos, dividiendo las partículas de la materia, de llegar á los verdaderos átomos; por fino que sea el polvo, jamas llega á ser líquido: reducid como querais el hierro á las limaduras mas finas, siempre será un monton de partículas de hierro sólido, ponedlas al fuego y haced que se derritan, desde luego le teneis líquido, con todas las condiciones de tal, y si le dejais enfriar lo volveis á tener sólido, prueba de que las moléculas infinitamente divididas se han tocado por mas partes con la ausencia del calórico, que cuando estaban reunidas en granitos de limaduras y se han pegado las unas á las otras. Lo que he dicho de la divisibilidad lo digo tambien de la impenetrabilidad, sabeis cuanto hay que decir sobre ella aplicada, á los sólidos en los cuales es mas aparente y sensible que en los demas. Así que podemos entrar en la aplicacion de lo que dijimos sobre las fuerzas.

§ II.

Trátase del peso de los sólidos y en especial de su pérdida de peso sumergidos en los líquidos.

TEOD. — El estado de los cuerpos no influye en nada sobre su atraccion recíproca, cuando esta se

ejerce á grandes distancias; así vereis, cuando tratemos de la geología, que la porcion de la tierra, cubierta por los mares, sin duda mayor que la que no lo está, obedece del propio modo á la atraccion solar, y concurre á producir la que retiene la luna en su curso, con los llanos y montañas; y es tal la semejanza, que aun cuando los planetas fuesen líquidos ó gases, el sistema astronómico no presentaría otras leyes. No sucede otro tanto cuando la atraccion se ejerce á pequenísimas distancias ó en el contacto, en cuyo caso la forma y consistencia de estos cuerpos, pueden influir considerablemente en la produccion de los fenómenos, por lo tanto se hace forzoso examinar con especialidad el *peso*, *adhesion* y *cohesion* de los sólidos, y no os pese, amigo, que os entretenga con sus detalles, porque darán margen á la esplicacion de fenómenos curiosos que os han de interesar.

EVG. — Ya lo presumo, Teodosio, y os aseguro que jamas hallareis frios mis deseos de escucharos.

TEOD. — En cuanto al peso absoluto de los sólidos, hay poco que añadir á lo que os dije en la segunda tarde, como no sea que estando las partículas del sólido íntimamente unidas las unas á las otras, las diferentes fuerzas que animan estas partículas no pueden obrar separadamente; de suerte que aplicada una resistencia á cierto número de estas partículas, ó á una sola, recibe la suma de accion de todas las partículas, y las retiene todas como si cada una de ellas se viese combatida á parte. Por esto teneis que podeis suspender una masa de plomo con un hilo atado á cualquiera punto de dicha masa. La

suma de las fuerzas de la gravedad, ó peso del plomo se ejerce en este caso sobre este hilo, y por medio de un solo punto, en atencion á que todas las partículas, como estan unidas entre sí, no pueden moverse independientemente de la partícula única que está fija. Lo mismo puedo deciros de los cuerpos que reposan sobre un plano; la suma de todas las fuerzas de gravedad se reparte entre todos los puntos que tocan el plano, y es tanto mas fuerte cuanto menos numerosos son estos puntos. Como los sólidos pesan mucho, esto es, tienen poco volumen en mucha masa, los metales sobre todo, se han preferido para pesar los demas cuerpos. Pasemos pues al *peso* específico de los sólidos, y, decidme, Eugenio, ¿como hariais para saber el peso específico de estos cuerpos: del oro y otros metales por ejemplo?

EUG. — Si mal no me acuerdo, me dijisteis que se habia tomado por unidad un volumen de agua, de consiguiente compararia con esta unidad el peso específico del oro y de cualquier otro metal.

TEOD. — Pudiera deciros que este medio es de una ejecucion sumamente difícil y á menudo imposible; pero para conducirlos á otro método, mas á propósito aunque no del todo falto de inconvenientes, os voy á contar una anécdota histórico-científica, que ya habreis oido tal vez porque es muy sabida.

EUG. — Veamos cual es.

TEOD. — Versa sobre un descubrimiento que hizo el famoso Arquimedes, consultado por Hieron, rey de Siracusa.

EUG. — No sé nada de Arquimedes, sino que fué

un grande matemático y que murió á manos de un soldado.

TEOD. — Pues bien. El rey Hieron dijo un dia á Arquimedes: *Sabio, aquí tienes esta corona de oro que he mandado fabricar; sospecho que hay en ella liga mezclada con el oro; yo quisiera saber si realmente la hay y en qué cantidad, sin destruir la corona se entiende.* Arquimedes no supo qué decir por de pronto. Supongamos, pues, que yo os hago la misma proposicion, aquí tengo este anillo de oro, ¿sabriais decirme si hay ó no liga en él sin destruirlo?

EUG. — Cuando Arquimedes no supo qué decir; ¿qué diré yo pobre de mí, sino una patochada, si me arriesgo? lo pesaria comparándolo con otro peso conocido.

TEOD. — Sí, pero en este caso no sabriais sino que el anillo pesa tanto, pero no si este tanto es el peso de solo el oro, ó el del oro juntamente con el de la liga que puede tener.

EUG. — Si yo tuviese por ejemplo un pedazo de oro puro, que pesase tanto como vuestro anillo y tuviese igualmente el mismo volumen, bien habia de poder saber que vuestro anillo es oro puro, pues si hubiese liga teniendo esta menos peso que el oro, y el anillo igual volumen que mi oro puro, por fuerza habria de pesar menos, porque toda la porcion de liga que entraria en lugar de lo que debia de haber sido oro, pesaria menos que esta porcion de oro, que tendria de mas mi peso comparativo. Así es que yo me empeño á conocer siempre si una onza de oro, tiene todo el oro que ha de tener, esto

es, si está falsificada, pesándola con otra de cuyo valor esté bien asegurado.

TEOD. — Enhorabuena, no discurris mal, ¿pero por que estableceis la condicion del volumen igual?

EUG. — Porque se trata de comparar dos cuerpos de igual naturaleza.

TEOD. — Bueno, os defendeis bien, pero ¿y si no tuvieseis oro y debieseis pesarlo con pesos de hierro ó cobre?

EUG. — No sé qué deciros.

TEOD. — Os acabaré de contar lo que hizo Arquímedes y sabreis darme la razon. Pensando siempre en lo que le habia dicho su rey, el sabio se hallaba en el baño y vió que su cuerpo perdía parte de su peso dentro del agua; pues lo sentia mas ligero, y su genio le sugirió la idea de la causa, y fué tanto lo que le sacó fuera de sí, que, sin tomarse la pena de vestirse se fué volando al palacio de Hieron, gritando *ya lo sé, ya lo sé!* En efecto cogió un pedazo de riel purísimo, lo pesó en el agua, observó la pérdida de su peso é hizo la misma operacion con la corona, y con ello llegó á saber si realmente la corona era todo oro ó habia en ella liga.

EUG. — Pero ¿y si Arquímedes no hubiese tenido oro con que comparar la pérdida del peso de la corona dentro del líquido, de qué le hubiese servido su descubrimiento?

TEOD. — Precisamente versa su descubrimiento, en el peso que pierden los cuerpos sólidos metidos en un líquido, y esta diferencia es la que da á conocer el peso específico de los cuerpos.

SILV. — ¿Y cual es la razon de esto?

TEOD. — Aunque el esplicaros esta razon pertenezca al tratado de los cuerpos líquidos, como está tan ligada con la que nos ocupa os la voy á decir.

Cuando el cuerpo sólido está sumergido en el líquido está su peso contrapesado con el peso del mismo líquido; por eso no pesa tanto. Esplicaréme con un ejemplo. Poned en los dos brazos de una balanza dos pesos que tenga cada uno de ellos una libra. Si quisiéreis levantar cualquiera de ellos no sentireis resistencia; porque como está contrapesado un peso con el otro, ninguno hace fuerza ni carga en vuestra mano; así si la pusiereis debajo de cualquiera de ellos ningun peso sentireis.

SILV. — Eso es cierto.

TEOD. — Además de la libra que ya estaba puesta aumentad un peso de tres libras en uno de los brazos de la balanza. Pregunto ahora, si quisiéreis levantar estas cuatro libras ó sostenerlas, ¿qué peso habeis de sentir en la mano?

SILV. — He de sentir solamente el peso de tres libras, porque la primera libra que allá estaba, como está contrapesada con la otra que está en el brazo opuesto, no pesa ahora en mi mano así como antes no pesaba.

TEOD. — Dijisteis bien; y la razon fundamental es, porque como estas cuatro libras no pueden bajar sin levantar de la otra parte una libra, ya tienen quien las resista, y cuanto mas fuerza emplean en vencer esta resistencia, menos queda para cargar en mi mano; por tanto quien sostuviere estas cuatro libras solo siente el peso de tres. ¿Estais por esto, Eugenio?

EUG. — No tengo la menor duda.

TEOD. — Luego cuando un cuerpo no puede bajar sin levantar otro, el peso de este segundo se debe descontar del peso del primero, esto es, el primero ya no pesa con tanta fuerza hácia abajo como si estuviese desembarazado.

EUG. — Estoy por eso.

TEOD. — Bien; reparad ahora: cuando se pone un cuerpo sobre el agua ú otro cualquier líquido, no puede bajar y sumergirse en él sin levantar alguna porcion de ese líquido; porque como el cuerpo sólido ha de ocupar algun espacio que antes estaba ocupado por el líquido, es preciso echar fuera de ese lugar el líquido, y echándole del lugar que ocupaba ha de subir hácia arriba necesariamente.

EUG. — En eso no os canseis, porque veo frecuentemente que estando un vaso cuasi lleno de agua, si yo le meto dentro una naranja v. g., sube el agua hasta el borde, y muchas veces se derrama.

TEOD. — Luego poniendo cualquier sólido sobre el agua, v. g., como él no puede ir hácia abajo sin levantar alguna porcion de agua, ya no ha de pesar tanto como acá fuera, porque está contrapesado con el peso de esa agua que él levanta; y estamos en las circunstancias de la regla que poco ha os dí, que cuando un cuerpo no podía bajar sin que subiese otro, el peso de este segundo se debía de descontar del peso del primero. Así como en la balanza que tenia cuatro libras en un brazo y una sola en el opuesto, esa se descontaba de las cuatro.

EUG. — Bien me acuerdo, y ahora veo la razon por que cualquier cuerpo pesado que está en el

fondo de un pozo se levanta fácilmente hasta la superficie del agua; pero luego que ha de salir de la superficie del agua para fuera es precisa mucha mayor fuerza. ¿No habeis experimentado esto, Silvio?

SILV. — Mil veces.

TEOD. — Pues eso no es por otra razon sino porque todo cuerpo sumergido en cualquier líquido pierde alguna cosa de su peso,

EUG. — ¿Y cuánto pierde? ¿hay en eso por ventura regla cierta?

TEOD. — Hay: *pierde tanto cuanto pesa el volumen del líquido que levanta, que es un volumen igual al espacio que ocupa dentro del líquido*; ejemplo: metamos toda una bola de marfil (Fig. 39) dentro del agua, pierde tanto de su peso cuanto pesaria una bola maciza de agua del mismo tamaño; pero supongamos que la bola solo tiene la mitad dentro del agua, entonces pierde de su peso lo que pesaria media bola de agua de aquel tamaño, etc.



Fig. 39.

EUG. — Lo he entendido: cuanto mas se metiere cualquier cuerpo dentro del líquido mas pierde de su peso, y la razon es clara, porque entonces levanta mayor porcion de ese líquido. Mas pregunto yo: ¿esta bola de marfil pierde tanto peso sumergiéndola en un líquido como en cualquier otro?

TEOD. — No. Cuando un cuerpo está sumergido en líquido mas pesado pierde mas; cuando se mete

en líquido mas ligero pierde menos. La razon es, porque pierde tanto peso quanto pesaria un volumen igual á ese líquido en que se mete ó sumerge. Esto supuesto, bien veis que sumergiendo esta bola en el agua pierde mas que si la sumergiésemos en vino ó aceite; porque sumergiéndola en agua pierde de peso lo que pesaria igual volumen de agua, y sumergiéndola en aceite pierde lo que pesaria igual volumen de aceite; y como el agua pesa mas que el aceite, mas pierde esta bola de marfil sumergiéndola en agua que sumergiéndola en aceite. Para que quedeis mas firme en esto vamos á verlo con los ojos.

EUG. — Con la esperiencia siempre se entiende mejor cualquier discurso, y se conserva mas en la memoria.

TEOD. — Aquí teneis este cubo de laton A (Fig. 40), dentro del cual ajusta perfectamente este peso de laton m , que los géometras llaman *cilindro*, á causa de la figura que tiene. Reparad, pues, este cilindro ó este peso de laton pesa diez onzas, que es lo que suman los dos pesillos zp que están puestos en el platillo contrario; si sumergiere este cilindro en el agua pesará solamente nueve onzas poco mas ó menos, que



Fig. 40.

es lo que vale el peso mayor z . Veis, aquí teneis la balanza y pesos: pesad primeramente el cilindro de laton fuera del agua, despues bajad la balanza, de suerte que este peso m se introduzca en el agua de este vaso R, y hallareis que es verdad lo que os digo.

EUG. — Así es, teneis razon, quanto mas entra el peso dentro del agua menos va pesando, de suerte que luego que llega á sumergirse todo dentro del agua ya es escusado el pesillo mas pequeño p . Ahora veo que es verdad lo que poco ha dijisteis, que un cuerpo enteramente sumergido en el agua perdía mas de su peso que si tuviese solo su mitad sumergida.

SILV. — Averiguemos ahora si ese peso de laton, cuando lo meten en el agua, pierde tanto de su peso quanto pesaria igual volumen de agua, que es la regla general que vos, Teodosio, establecisteis.

TEOD. — Ahora os lo mostraré claramente. Este cilindro de laton m ya os dije y mostré que ajustaba perfectamente dentro de este cubo A; luego el agua que llenare este cubo tiene igual volumen á este cilindro m : pesad ahora el cubo vacío, y despues pesadlo lleno de agua, y de esta suerte ya sabeis de cierto quanto pesa el agua de este cubo; y como dije que tenia igual volumen que el cilindro, quedais sabiendo quanto pesa un volumen de agua igual al peso de laton.

EUG. — Haced pues todo eso, que yo observaré los pesos.

TEOD. — ¿Veis? Decidme ahora ¿cuánto pesa el agua que llenó el cubo?

EUG. — Pesa tanto como este peso pequeño *p*, que es el que poco ha sacamos del platillo por ser escusado cuando el cilindro de laton se sumergió en el agua, y es justamente el peso que entonces perdió el cilindro. ¿Veis, Silvio?

SILV. — Así es; esta cuenta no puede faltar.

TEOD. — Ahora, si quisiéreis, vereis como este mismo peso ó cilindro de laton, que metido en el agua perdió una onza de su peso, si lo sumergieren en liquido mas ligero que el agua pierde menos: mandaré traer espíritu de vino para hacer la esperiencia.

SILV. — Ya no es preciso mas: hemos visto que el laton metido en el agua perdía tanto de su peso quanto era el peso de igual volumen de agua; metido en el espíritu de vino ha de perder tanto de su peso quanto pesará igual volumen de ese licor; y como es mas ligero que el agua, es evidente que entonces ha de perder menos de lo que pierde ahora. ¿Qué decis, Eugenio?

EUG. — También concuerdo en lo mismo.

TEOD. — Bien está, quedemos pues firmes en esta proposicion: *un cuerpo metido en cualquier liquido pierde de su peso tanto quanto pesaria igual volumen de ese liquido.*

EUG. — No podemos tener la menor duda.

TEOD. — De aquí infero yo que *quanto mayor fuere el volumen de cualquier cuerpo, mas peso ha de perder cuando lo sumergieren dentro del agua v. g., ú otro cualquier liquido*; porque entonces tambien es mayor el volumen de agua, que es la medida del peso que se pierde. He ahí pues teneis

la razon de una esperiencia que diré ahora: si en una balanza pusiéreis en equilibrio dos cuerpos de diversa gravedad específica, v. g. plomo y plata, luego que los metiéreis en el agua pierden el equilibrio.

SILV. — ¿Y cómo puede ser eso?

TEOD. — Lo probaré primero con la esperiencia, despues daré la razon (Fig. 41). Aquí teneis esta balanza en equilibrio con una bola de plomo y otra de piedra, que son dos cuerpos de diversa gravedad específica; luego que entren en el agua vereis que pierden el equilibrio, y que el plomo baja mas; bajemos toda la balanza... ¿Veis? He aquí perdió todo el equilibrio.

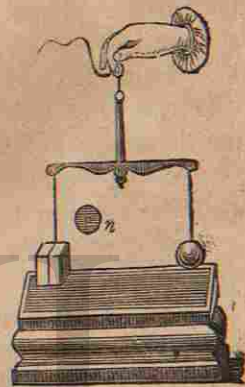


Fig. 41.

EUG. — Así es; levantad ahora la balanza, y volved:

á sacar los pesos del agua para ver si quedan otra vez en equilibrio.

TEOD. — He aquí otra vez la balanza derecha y los pesos equilibrados. Ni os admirareis de esto, Silvio, porque esta piedra es cierto que tiene el mismo peso que la bola de plomo, y que por eso se equilibran; pero tiene mayor volumen; como tiene mayor volumen cuando entra en el agua pierde mas de su peso de lo que pierde el plomo; porque, como dije poco há, quanto mayor fuere el volumen de cualquier cuerpo, tanto mas pierde de su peso al entrar en el agua.

EUG. — Ya lo sé, y la razon de eso es esta : porque un cuerpo sumergido en el agua pierde tanto de su peso quanto pesaria igual volumen de agua ; luego teniendo la piedra mayor volumen que el plomo, ha de perder mas peso que este ; y por consiguiente siendo ambos cuerpos iguales en el peso, y perdiendo uno mas que el otro, ya no pueden quedar en equilibrio.

TEOD. — Por tanto, para que queden en equilibrio dentro del agua es preciso aumentar alguna cosa mas de peso á la piedra ; y si el plomo tiene dos libras v. g., es necesario que la piedra tenga algo mas de dos libras para quedar con el plomo equilibrada dentro del agua.

SILV. — Para mayor certidumbre veamos eso en la práctica.

TEOD. — Yo aumento en la piedra esta chapa de laton *n*, que pesará de una á dos onzas poco mas ó menos : he aquí estan en equilibrio dentro del agua los dos cuerpos ; pero si los saco afuera pierden el equilibrio.

EUG. — Necesariamente ha de suceder eso, porque ahora la piedra fuera del agua tiene mas peso que el plomo.

TEOD. — Esta misma razon milita en todos los demas cuerpos que tienen diverso peso específico, esto es, que cuando tienen igual peso tienen diferentes volúmenes, aunque la diferencia sea poca, como v. g. oro, plomo, plata, cobre, etc. : por eso si pusiéreis en los dos brazos de la balanza dos libras, una de plomo y otra de cobre, luego que bajáreis la balanza de suerte que ambos pesos entren

en el agua, se pierde el equilibrio, y la libra de plomo baja mas. Lo mismo sucede haciendo la experiencia con una onza de oro y otra de plata, porque en pesos iguales siempre la plata tiene mayor volumen que el oro, y así al entrar en el agua pierde mas de su peso, y se destruye el equilibrio.

EUG. — Supuestas las doctrinas antecedentes eso es una cosa necesaria y evidente.

TEOD. — De este modo es facil averiguar si cualquier pieza de oro tieneliga de otro metal ó si es puro.

EUG. — Decidme como se ha de hacer eso.

TEOD. — No teneis mas que hacer esta diligencia : tomad otro tanto peso de oro puro quanto es el peso de la caja, colgad la caja abierta en un brazo de una balanza, y esa otra porcion de oro de la otra parte, de suerte que quede la balanza perfectamente en equilibrio. Hecho esto meted dentro del agua estas dos porciones de oro asimismo puestas en la balanza, y observad si se pierde el equilibrio. Si la porcion de oro puro fuere mas bajo, es señal que el de la caja no es tan puro ; pero si se conservaren en equilibrio los dos pesos, es cierto que el oro de la caja es tan puro como el otro.

SILV. — Resta que deis la razon de eso.

TEOD. — La razon es, porque no hay metal alguno tan pesado como el oro, por eso en igual peso ninguno tiene menor volumen que él ; así metiendo una onza de oro dentro del agua pierde menos de su peso de lo que perderia una onza de cualquier otro metal : supuesto esto, si el oro de la caja estuviere mezclado con alguna porcion de otro metal

que no sea oro, desde luego ha de tener mayor volumen que igual peso de oro puro; así metiendo la caja en agua ha de perder mas peso que la otra porcion de oro puro, y por lo mismo no se ha de conservar en equilibrio. Advierto que la caja ha de estar abierta cuando la metiereis dentro del agua, y ha de estar muy limpia, como tambien la balanza debe ser fidelisima, y quanto mas pequeña mejor. Ademas de eso los cordones ó hilos en que se colgaren los pesos deben ser iguales en su grueso, y si fueren cerdas de caballo será mejor. Es preciso advertirlo todo, para que el volumen del cordón que entra en el agua, siendo tal vez mayor de una parte que de otra, no ocasione el perderse el equilibrio.

EUG. — Ya veo que es menester cautela; mas puede haberla con un cuidado mediano, y he de hacer la esperiencia para salir del recelo; y para mayor seguridad despues de hecha una vez la he de repetir cambiando los pesos.

TEOD. — Esa precaucion es muy buena, y de aquí ya veis que del mismo modo se puede averiguar si es falsa ó verdadera cualquier moneda de oro, equilibrándola con otra ciertamente buena y del mismo peso.

EUG. — Ahí concurre la misma razon.

TEOD. — Ahora, pues, Eugenio, que entendeis bien esto, quiero del mismo principio arriba dicho sacar otra consecuencia, de que Silvio ha de quedar escandalizado, y es: *todas las veces que viereis equilibrados en una balanza dos cuerpos de diversos tamaños, sabed que uno pesa mas que otro.*

EUG. — ¿Qué me decis á esto, Silvio?

SILV. — Es la mayor paradoja que jamas oí. No me parece que habrá fuerzas bastantes ni de razon ni de esperiencia que me obliguen á creer tal: esto es una contradiceion manifiesta: si ellos estan equilibrados en el aire, ¿cómo pesa uno mas que el otro? Supongo que no hablais de la balanza romana, sino de estas de que hemos usado hoy que tienen los brazos iguales.

TEOD. — Pues de esas hablo; y para que os certifiqueis de lo que digo, atended. Ya habeis visto que los cuerpos de diversos tamaños, como v. g. la piedra y el plomo (Fig. 41) cuando estaban en equilibrio dentro del agua, la piedra verdaderamente tenia mas peso que la bola de plomo, porque tenia de mas esta chapa *n* que le aumentamos, y solo así se podia equilibrar dentro del agua.

SILV. — No hay duda, bien me acuerdo.

TEOD. — Pues lo mismo se debe decir estando los cuerpos en equilibrio dentro del aire, porque el aire tambien es cuerpo fluido así como el agua; tambien es pesado, bien que mucho menos que el agua, como mostraré á su tiempo. Por tanto, la misma razon hay para que los cuerpos que se equilibran en el aire no queden en equilibrio si los sacáremos fuera del aire, así como no quedan en equilibrio la piedra y el plomo si los sacamos fuera del agua.

SILV. — Pues entonces, Teodosio, cuando me pesáreis algunos cuerpos allá fuera del aire, entonces creeré fácilmente que ahí pierden el equilibrio que tenían cuando estaban dentro del aire: antes de eso no teneis que persuadirme semejante paradoja.

TEOD. — Acepto el partido, y estoy por el ajuste; vamos al gabinete. Aquí teneis la *máquina pneumática* (Fig. 42): dejadme sacar fuera este recipiente

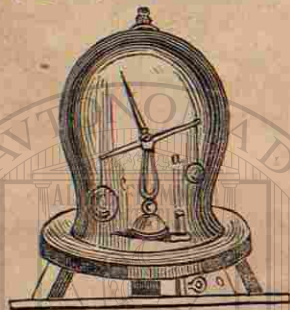


Fig. 42.

(así se llama esta manga de vidrio que cubre la balanza). ¿Veis que esta bola de plomo *a* está equilibrada con esta bola de cera *e*?

SILV. — Bien lo veo. En esto no tengo duda.

TEOD. — Ahora quiero pesar estos mismos cuerpos fuera del aire; para esto los cubro con el recipiente, y mando trabajar con la máquina, vereis que al paso que se va estrayendo el aire va bajando mas la bola de cera... ¿Veis?

EUG. — Así es: ella va bajando, bien que muy despacio.

TEOD. — Ya el fiel de la balanza inclina hácia la bola de cera; y para que se vea que esto procede de faltarle el aire, ahora se lo haré entrar de repente, y vereis que los pesos vuelven á quedar equilibrados: aquí abro esta llave *o* para que entre el aire.

EUG. — Ahora bien de priesa se movió la balanza para quedar en su equilibrio.

TEOD. — Pero os advierto que sucedió esto porque es muy fiel la balanza, y se mueve con el mas mínimo peso; á no ser así no se conoceria en ella

diferencia alguna. Tambien se puede hacer esta esperiencia y mas evidente poniendo de una parte algunas monedas de oro, y de la otra un pedazo de corcho.

EUG. — Aunque poco mas ó menos sé la razon en que se funda esta esperiencia, deseo que la digais, para ver si Silvio tiene que replicar.

TEOD. — Así como cualquier cuerpo sumergido en el agua pierde tanto de su peso, quanto pesaria igual volumen de agua, así metido dentro del aire pierde tanto de su verdadero peso, quanto pesa igual volumen de aire. Como estos dos cuerpos plomo y cera tienen volúmenes muy diversos, estando ambos metidos en el aire, uno ha de perder de su verdadero peso mas que el otro; y si, no obstante que la cera pierde mas de su peso que el plomo, estan en equilibrio, como suponemos, es señal verdadera que la cera tiene mas peso que el plomo, y sin embargo de perder mas que él, aun así quedan iguales. Y como estrayéndose el aire cada uno pesa con todo el peso que en sí tiene verdaderamente, por eso la cera pesa mas. ¿Será esto así, Silvio?

SILV. — Vos en entrando á hacer vuestras cuentas por pesos y volúmenes, suponiendo unas cosas, probando otras, al cabo todo os sale bien. Yo como no estudié estos puntos, que mas pertenecen á la matemática que á la física, nada tengo con eso: ved si Eugenio se da por satisfecho, pues á él se dirije vuestro trabajo.

EUG. — Estoy satisfecho enteramente. Pero de ahí infiero yo que todas las veces que se vende alguna

cosa á peso de hierro ó plomo, si lo que se vende tiene mayor volumen que el hierro, se sigue que quien vende da mas de lo que tiene el peso de hierro, porque aunque la balanza esté en equilibrio, el cuerpo que tiene mas volumen ha de tener mas peso, por la misma razon que la bola de cera que há poco vimos.

TEOD. — Decís bien, que así es; de tal suerte que si compráis á peso lana, v. g., despues de pesada si volviéseis á pesarla fuera del aire seria preciso sacar alguna porcion de ella para quedar la balanza en equilibrio. Pero advierto que este exceso es tenuísimo. Vamos á otra cosa : hablemos de la cohesion.

§ III.

Trátase de la cohesion de los sólidos, y se explica qué cosa sea la tenacidad, la dureza y la ductilidad.

EUG. — Os aseguro, Teodosio, que me habeis dado un rato divertido con vuestras aplicaciones; curiosísimo es por cierto el estudio de estas materias; así que disimulad mi impertinencia y tened á bien continuar sobre la cohesion, como decís, si hay algo que añadir á lo que ya espusisteis acerca de ella.

TEOD. — Ya os dije, hablando de la cohesion de la materia, que era susceptible de varias modificaciones, y que las veriamos cuando nos ocupásemos en los cuerpos sólidos: ahora pues viene bien dilucidar este punto. Vos estais viendo, Eugenio igual-

mente que Silvio, que aun cuando yo tire por un lado y por otro este pedazo de madera, hallo una oposicion á que sus partículas muden de lugar, oposicion que no se vence sino por medio de una fuerza mayor; esto, como podeis pensar, es un efecto de la cohesion y le llamamos *tenacidad* de la madera. Lo que os digo de este cuerpo es aplicable á todos los que presenten este efecto, sean sólidos, sean líquidos, pues la tenacidad viene á ser, propiamente hablando, la misma cohesion. Como el conocimiento de la tenacidad es sumamente importante para las artes, se han hecho varias investigaciones para determinarla con exactitud.

EUG. — ¿Y hay en realidad medios para el efecto?

TEOD. — Los hay y muy sencillos: se toma el cuerpo, cuya tenacidad quiere averiguarse, dándole una forma prolongada, se fija por uno de sus cabos y se suspenden al otro pesos sucesivamente mayores hasta que el cuerpo se rompa de traves. Vamos á hacerlo con este palo que veis clavado en la pared, pongamos pesos, ya empieza á doblarse, aumentemos los pesos; hetele ya roto; la fuerza de tenacidad del palo halla su espresion en la del peso que la ha vencido.

EUG. — ¿Influye en este fenómeno la mayor ó menor longitud del cuerpo?

TEOD. — Muy poco; lo que verdaderamente influye y constituye la diferencia son las otras dos dimensiones, anchura y profundidad, esto es, la superficie de su corte transversal, de suerte que este palo, mucho mas largo que el otro pero de mayor diámetro, ofrecería una resistencia cuatro veces ma-

cosa á peso de hierro ó plomo, si lo que se vende tiene mayor volumen que el hierro, se sigue que quien vende da mas de lo que tiene el peso de hierro, porque aunque la balanza esté en equilibrio, el cuerpo que tiene mas volumen ha de tener mas peso, por la misma razon que la bola de cera que há poco vimos.

TEOD. — Decís bien, que así es; de tal suerte que si compráis á peso lana, v. g., despues de pesada si volviéseis á pesarla fuera del aire seria preciso sacar alguna porcion de ella para quedar la balanza en equilibrio. Pero advierto que este esceso es tenuísimo. Vamos á otra cosa : hablemos de la cohesion.

§ III.

Trátase de la cohesion de los sólidos, y se explica qué cosa sea la tenacidad, la dureza y la ductilidad.

EUG. — Os aseguro, Teodosio, que me habeis dado un rato divertido con vuestras aplicaciones; curiosísimo es por cierto el estudio de estas materias; así que disimulad mi impertinencia y tened á bien continuar sobre la cohesion, como decís, si hay algo que añadir á lo que ya espusisteis acerca de ella.

TEOD. — Ya os dije, hablando de la cohesion de la materia, que era susceptible de varias modificaciones, y que las veriamos cuando nos ocupásemos en los cuerpos sólidos: ahora pues viene bien dilucidar este punto. Vos estais viendo, Eugenio igual-

mente que Silvio, que aun cuando yo tire por un lado y por otro este pedazo de madera, hallo una oposicion á que sus partículas muden de lugar, oposicion que no se vence sino por medio de una fuerza mayor; esto, como podeis pensar, es un efecto de la cohesion y le llamamos *tenacidad* de la madera. Lo que os digo de este cuerpo es aplicable á todos los que presenten este efecto, sean sólidos, sean líquidos, pues la tenacidad viene á ser, propiamente hablando, la misma cohesion. Como el conocimiento de la tenacidad es sumamente importante para las artes, se han hecho varias investigaciones para determinarla con exactitud.

EUG. — ¿Y hay en realidad medios para el efecto?

TEOD. — Los hay y muy sencillos: se toma el cuerpo, cuya tenacidad quiere averiguarse, dándole una forma prolongada, se fija por uno de sus cabos y se suspenden al otro pesos sucesivamente mayores hasta que el cuerpo se rompa de traves. Vamos á hacerlo con este palo que veis clavado en la pared, pongamos pesos, ya empieza á doblarse, aumentemos los pesos; hetele ya roto; la fuerza de tenacidad del palo halla su espresion en la del peso que la ha vencido.

EUG. — ¿Influye en este fenómeno la mayor ó menor longitud del cuerpo?

TEOD. — Muy poco; lo que verdaderamente influye y constituye la diferencia son las otras dos dimensiones, anchura y profundidad, esto es, la superficie de su corte transversal, de suerte que este palo, mucho mas largo que el otro pero de mayor diámetro, ofrecería una resistencia cuatro veces ma-

yor que el primero. Como la tenacidad es notable, particularmente en los metales, se ha estudiado con preferencia en estos cuerpos sirviéndose de alambres de dos milímetros de diámetro.

EUG. — ¿Y qué resultados se han obtenido? me gustaria saberlos, al menos por lo que toca al hierro, al cobre, plata, etc.

TEOD. — Sacad lapiz y papel, y copiad lo que voy á trazaros en la pizarra, porque esto escapa de la memoria tan presto como entra.

EUG. — Teneis razon; voy á sacar mi cartera.

TEOD. — Voy á trazaros una lista de los metales mas usuales.

El hierro soporta, antes de romperse, un peso de.....	kil.	249.659
El cobre.....		157.569
La platina, ú oro blanco.....		424.690
La plata.....		85.062
El oro.....		68.246
El estaño.....		24.200
El zinc.....		12.700
El plomo.....		9.750

Ahí los teneis.

EUG. — Bueno: me alegro mucho de saberlo: algun dia quizas me sea util; id adelante.

TEOD. — Es menester que advirtais, Eugenio, que no por ser mas tenaz un cuerpo ha de pesar mas; pues ahí teneis el hierro, uno de los mas tenaz de todos y uno de los mas ligeros, el plomo, el menos tenaz y uno de los mas pesados.

EUG. — ¿Y no me direis la razon de esto?

TEOD. — Os la diré en parte. Los metales gozan

de una propiedad que luego veremos, dicha *ductilidad*, la cual los semeja hasta cierto punto á un líquido, en cuanto permite que sus moléculas resbalen unas sobre otras con mayor ó menor facilidad. Cuando se cuelga pues algun peso del cabo de un alambre, este alambre se alarga en virtud de la ductilidad; alargándose disminuye su diámetro; y como la tenacidad es proporcional á las dimensiones transversales, el alambre se rompe tanto mas fácilmente, cuanto mas se ha prolongado.

SILV. — En efecto mas de una vez he observado que los cabos rotos de un alambre son mas delgados. Pero yo he oido decir que el hierro colado no es tan tenaz como el hierro virgen ó la mina de hierro; con todo siempre es hierro.

TEOD. — Es que la disposicion de las moléculas del metal influye considerablemente en su tenacidad: el hierro colado tiene una forma granugienta ó laminosa, y fibrosa el hierro virgen. Lo mismo sucede en las maderas; su tenacidad es poca cuando obráis al través de sus hilos, y mucha cuando obráis á lo largo.

EUG. — Decidme una cosa, Teodosio, ¿las cuerdas retorcidas son mas tenaces de lo que serian si fueran hechas de hilos paralelos?

TEOD. — No: pues en las retorcidas puede decirse que la fuerza que las tira separa los hilos de través, ú oblicuamente; mientras que en las de hilos paralelos los tiraria á lo largo.

EUG. — ¿Por que pues las construyen retorcidas? yo siempre habia creido que resistian mas.

TEOD. — Las construyen retorcidas porque al ca-

bo se logra con ellas mayor resistencia y vais á ver la razon. Si los hilos fuesen paralelos, á la menor desigualdad que hubiese en longitud, los menos largos suportarian todo el esfuerzo de la potencia que tira y se romperian; y como esta desigualdad es comun y facil que llegue á cada momento, resulta que aun cuando en teoría las cuerdas de hilos paralelos sean mas resistentes, en la práctica se ven precisados á torcer estos hilos en espiral, con cuya disposicion se distribuye el esfuerzo de la potencia que tira la cuerda uniformemente por todos los hilos y no se rompe ninguno tan fácilmente. Pero por la misma razon que disminuye la suma de resistencias es preciso que tenga cierto limite; de modo que una cuerda retorcida solo ha de disminuir una quinta parte de la longitud de los hilos.

EUG. — Quedo satisfecho, y queria hacer os otra observacion sobre el hierro derretido; pero me ocurre ya la idea de que hay el calórico cuya fuerza repulsiva es la antagonista de la cohesion. ¿Mas, decidme, ahora la *tenacidad* no es lo mismo que la *dureza*?

TEOD. — No, pues por dureza se entiende la propiedad relativa de los cuerpos sólidos de no dejarse gastar ó rayar por otros fácilmente; así se dice que el vidrio es mas duro que el mármol, porque un pedazo de vidrio anguloso descantilla y raya un pedazo de marmol pulido; porque el vidrio en polvo gasta el marmol frotándole encima. El cristal de roca raya el vidrio, muchas piedras rayan el cristal de roca, y en especial el diamante, el cual no se deja rayar por ningun otro cuerpo, sino por un pe-

dazo de otro diamante, por lo cual dicen que el diamante es el cuerpo mas duro. Pero cuidado de no confundir la dureza de la masa con la de las partículas ó porciones pequeñas, pues ahí teneis el carbon que en grandes pedazos no es nada duro, y reducido á polvo pule los cuerpos mas duros.

EUG. — La piedra pomez hace otro tanto. ¿Y de qué puede depender la dureza de los cuerpos?

TEOD. — Es muy difícil apreciar las verdaderas causas, pues veis que no puede depender de la densidad, puesto que el diamante pesa menos que el plomo, ni de su composicion, porque ya os dije que el diamante es carbon puro; así tal vez depende de la naturaleza de las moléculas, de su grado de aproximacion y de su arreglo. Lo que hay de particular es que la dureza puede variar considerablemente en un mismo cuerpo, sin que al parecer haya experimentado ningun cambio notable. Si tomais un pedazo de acero, que es hierro combinado con un poquito de carbon puro, hallareis que á poca diferencia su dureza es la del hierro ordinario, mas si lo calentais y lo enfriais luego mas ó menos rápidamente sumergiéndole en el aceite, en el agua, ó en el azogue, etc., tendrá este pedazo de acero una dureza muy considerable, y podreis rayar con él fácilmente el hierro. Este mismo pedazo de acero calentado de nuevo y enfriado lentamente perderá toda su dureza accidental.

EUG. — ¿Y cómo esplicais esto?

TEOD. — Avido estais siempre de esplicaciones, amigo, pero aquí debo deciros que no lo sé, pues

cuanto han dicho los físicos no vale un pito para aclararnos este asunto.

SILV. — Segun lo que habeis dicho de la dureza, y de los cuerpos duros, nada habrá mas *fragil* que un cuerpo *duro*, y esto es contrario á todas las ideas recibidas.

TEOD. — Pues, así sucede, doctor, por mas que generalmente se crea que cuanto mas duro es un cuerpo, mas resiste al choque de otros. Ahí teneis el diamante, el mas duro de todos los cuerpos, se rompe al golpe mas ligero; el vidrio que se cita frecuentemente como tipo de la fragilidad, es mas duro que el hierro: el acero es tanto mas fragil cuanto mas duro. De consiguiente las ideas recibidas son las que lo yerran de medio á medio.

EUG. — Pero á mí me baila todavía en la cabeza lo que habeis dicho sobre la ductilidad, ¿qué viene á ser esta propiedad de los sólidos?

TEOD. — Lllaman los físicos *ductilidad*, esa propiedad que tienen ciertos cuerpos sólidos de mudar su forma al influjo de esfuerzos, mas ó menos grandes, sin que por esto se disminuya la agregacion de sus moléculas. La cera por ejemplo es *ductil*, pues la tirais, le dais mil formas, y se conserva siempre la agregacion de sus partículas; el oro es *ductil*, porque hace lo propio, aunque se necesitan mayores esfuerzos: al contrario el vidrio y el acero templado son *quebradizos*. Todos los cuerpos que son naturalmente blandos, ó que se reblandecen al fuego son dúctiles; pero se aplica mas generalmente este nombre á los metales. Segun cual fuere la forma que quisierais dar á un metal por medio de su

ductilidad, seria menester emplear modos de presion diferente. Si despues de haberlo formado en cilindro lo haceis pasar por la hilera, cuyos agujeros disminuyen sucesivamente de diámetro, conseguis disminuir el diámetro de la varilla metálica y obtenéis hilos finísimos. En este caso la presion ha sido circular; si quereis hacer láminas de la varilla, es preciso hacerla pasar por entre dos cilindros, ó bien dar contra ella martillazos. Con todo no se prestan igualmente todos los metales á cada uno de estos medios. Así para que un metal pueda ser reducido á hilos finísimos, ha de tener, independientemente de la ductilidad, una tenacidad muy considerable, puesto que ha de resistir al esfuerzo de traccion que se práctica para hacerlo pasar por la hilera, y este modo de estenderse es lo que se llama comunemente *ductilidad*. Si quereis mudar la disposicion de las moléculas de un metal á martillazos, ha de tener ademas mucha cohesion; porque este modo de accion tiende á separar bruscamente unas partículas de otras, y esto es lo que quieren decir con la palabra *maleabilidad* y que un cuerpo es *maleable*.

EUG. — Sabeis como se hacen esas hojas que forman los panes de oro; y como creo que es por razon de la ductilidad del oro que las hacen, os lo pregunto ahora.

TEOD. — Es mas bien por la *maleabilidad* como vais á verlo. El oro se presta fácilmente á la accion del martillo, y hechas algunas láminas se coloca un cierto número unas encima de otras, interponiendo hojas de película de tripa. El efecto del choque se suaviza y las hojas de oro se estienden todas á la

vez cuanto lo permite la magnitud de las de película. Descompónese el pan, se cortan en cuatro pedazos todas las hojas de oro, y se vuelven á colocar en medio del espacio; síguese, golpeando y se repite la misma operacion hasta que las hojas de oro sean de tal suerte delgadas como un grano de oro de cincuenta pulgadas cuadradas. Ahí teneis como se hacen los panes de oro.

EUG. — No creia que fuese tan sencillo.

TEOD. — El calórico, como concebis muy bien, puede influir muchísimo sobre la ductilidad de los metales: así veis que el hierro hecho ascua se fragua muy bien: el zinc frio, se rompe fácilmente y calentado hasta el punto que llaman cien grados es dúctil. En otros al contrario sucede que son dúctiles cuando frios, el plomo y el estaño son de este número. La ductilidad es sin disputa una de las propiedades mas importantes de los metales, pero no deja de tener sus inconvenientes, cuando queremos servirnos de ellos, en especial para ciertos usos. El oro, la plata y el plomo tienen una especie de blandura y flexibilidad que les permite ceder al menor esfuerzo y se doblan, así cuando se desea que guarden determinadas formas se hace preciso meter en ellos liga, la cual afortunadamente les da fuerte consistencia. Lo estais viendo en las monedas de oro y plata y en las diferentes joyas que se hacen de estos metales preciosos; pues todas presentan una dureza mucho mayor que el oro y plata pura, debida á la porcion de liga que se mezcla á propósito para el efecto.

EUG. — Puesto que teneis la bondad y paciencia

de darme razon de cuanto os pregunto cuando lo sabeis, quisiera saber si puede esplicarse por la ductilidad los saltos que da la pelota echada al suelo y la furia con que vuelve cuando ha dado contra la pared.

TEOD. — No, Eugenio, estos saltos proceden de otra propiedad de que vamos á tratar ahora.

§ IV.

Trátase de la elasticidad y otras modificaciones de la cohesion.

EUG. — Y cual es esa propiedad que todavía no sé.

TEOD. — Es la elasticidad.

EUG. — Ya he oido hablar de elasticidad, y yo mismo he usado mil veces esta palabra, pero no sé qué clase de fuerza es.

TEOD. — Elasticidad llamamos á la fuerza que un cuerpo despues de comprimido hace para dilatarse y restituirse á su estado natural. Pongamos ejemplo: la hoja de un espadin, si la comprimimos y torcemos, se restituye despues á su estado natural: una pelota de cuero si la comprimimos con el dedo, y la hacemos una concavidad, en quitando el dedo queda como antes: estas cosas decimos que tienen elasticidad, y que esta elasticidad es causa de reflectir los cuerpos.

SILV. — Arreglándonos por ese discurso todos los cuerpos han de reflectir, porque todos ellos ha-

vez cuanto lo permite la magnitud de las de película. Descompónese el pan, se cortan en cuatro pedazos todas las hojas de oro, y se vuelven á colocar en medio del espacio; síguese, golpeando y se repite la misma operacion hasta que las hojas de oro sean de tal suerte delgadas como un grano de oro de cincuenta pulgadas cuadradas. Ahí teneis como se hacen los panes de oro.

EUG. — No creía que fuese tan sencillo.

TEOD. — El calórico, como concebis muy bien, puede influir muchísimo sobre la ductilidad de los metales: así veis que el hierro hecho ascua se fragua muy bien: el zinc frio, se rompe fácilmente y calentado hasta el punto que llaman cien grados es dúctil. En otros al contrario sucede que son dúctiles cuando frios, el plomo y el estaño son de este número. La ductilidad es sin disputa una de las propiedades mas importantes de los metales, pero no deja de tener sus inconvenientes, cuando queremos servirnos de ellos, en especial para ciertos usos. El oro, la plata y el plomo tienen una especie de blandura y flexibilidad que les permite ceder al menor esfuerzo y se doblan, así cuando se desea que guarden determinadas formas se hace preciso meter en ellos liga, la cual afortunadamente les da fuerte consistencia. Lo estais viendo en las monedas de oro y plata y en las diferentes joyas que se hacen de estos metales preciosos; pues todas presentan una dureza mucho mayor que el oro y plata pura, debida á la porcion de liga que se mezcla á propósito para el efecto.

EUG. — Puesto que teneis la bondad y paciencia

de darme razon de cuanto os pregunto cuando lo sabeis, quisiera saber si puede esplicarse por la ductilidad los saltos que da la pelota echada al suelo y la furia con que vuelve cuando ha dado contra la pared.

TEOD. — No, Eugenio, estos saltos proceden de otra propiedad de que vamos á tratar ahora.

§ IV.

Trátase de la elasticidad y otras modificaciones de la cohesion.

EUG. — Y cual es esa propiedad que todavía no sé.

TEOD. — Es la elasticidad.

EUG. — Ya he oido hablar de elasticidad, y yo mismo he usado mil veces esta palabra, pero no sé qué clase de fuerza es.

TEOD. — Elasticidad llamamos á la fuerza que un cuerpo despues de comprimido hace para dilatarse y restituirse á su estado natural. Pongamos ejemplo: la hoja de un espadin, si la comprimimos y torcemos, se restituye despues á su estado natural: una pelota de cuero si la comprimimos con el dedo, y la hacemos una concavidad, en quitando el dedo queda como antes: estas cosas decimos que tienen elasticidad, y que esta elasticidad es causa de reflectir los cuerpos.

SILV. — Arreglándonos por ese discurso todos los cuerpos han de reflectir, porque todos ellos ha-

cen fuerza para restituirse despues de comprimidos.

TEOD. — Ahora se ha de ver claramente la razon de mi dicho : todos aquellos cuerpos que despues de comprimirlos no hacen fuerza para restituirse á su estado natural no reflecten , ó por lo menos muy poco : una barra de plomo si la torcieren, torcida se queda : una bola de barro fresco si la hicieren una concavidad con el dedo, se queda con ella ; de la misma suerte un alambre recocado en torciéndole queda torcido : ninguna de estas cosas hace fuerza para enderezarse ó para restituirse á su estado natural, y por eso no reflecten estos cuerpos , ó por lo menos muy poco. Al contrario, aquellas cosas que reflecten son de tal naturaleza que si las comprimieren hacen fuerza para restituirse á su estado natural : el alambre templado si le torcieren, luego que le suelten se pone derecho : la pelota de cuero ó de lana bien apretada aunque la hagan con el dedo una concavidad, en sacándole se restituye á su estado natural.

EUG. — Todo eso es así ; pero aun no entiendo cómo esa fuerza que hacen los cuerpos despues de comprimidos para restituirse es la causa de que reflectan.

TEOD. — Yo os lo explicaré prácticamente : dadme acá vuestro espadin ; ponedlo en el suelo, arriamadle la punta al pedestal de esa estatua, y cargad de suerte que se doble : soltadlo ahora de repente, vereis como todo el espadin salta hácia atras.

EUG. — Así es.

TEOD. — ¿Y quién hizo saltar ese espadin sino

la hoja que estaba comprimida é hizo fuerza para restituirse ? La hoja del espadin estando comprimida no podia restituirse á su estado natural sino enderezándose ; y no se podia enderezar sino ó moviendo la estatua hácia adelante, ó el puño y guarnicion del espadin hácia atras.

EUG. — La estatua no se puede mover hácia adelante porque está fija.

TEOD. — Bien : luego la hoja del espadin no podia enderezarse sin empujar el puño hácia atras ; y como la hoja estaba unida al puño y guarnicion vino tambien toda hácia atras, y se apartó de la estatua. He aquí como la elasticidad del espadin, ó la fuerza que despues de comprimido hace para restituirse, es la causa que le obliga á saltar hácia afuera cuando le comprimimos, ó fuese cargando con la mano, ó tirando con él. Pues lo mismo hemos de decir en cualquier otra cosa, v. g., en la pelota, porque cuando la pelota da en la pared, la parte que va delante se comprime y se mete hácia dentro ; pero luego que se acabó el impulso, las partes comprimidas hacen fuerza para dilatarse y restituirse á su estado natural, así como sucede en el espadin ; esto no puede ser sino ó moviendo la pared adelante, ó todo lo restante de la pelota hácia atras, de lo que resulta que la elasticidad de la pelota es la causa de su reflexion.

EUG. — Ahora ya lo entiendo perfectamente.

SILV. — Eso estaria bien si todos los cuerpos que reflecten se comprimiesen como hace la pelota y el espadin ; pero vemos que el marfil, el acero templado, y otras cosas semejantes reflecten, y

no habeis de decir que antes de reflectir se comprimen.

TEOD. — Yo digo que tambien el marfil y el acero templado se comprimen cuando reflecten.

SILV. — No creo tal de cosas tan duras y tan sólidas.

TEOD. — Esperad, que la experiencia os lo hará creer. Aquí teneis esta piedra bien lisa, como es preciso para el intento: mando que unten la piedra con una tinta encarnada gruesa y pegajosa, y que traigan una bola de marfil de las que usamos en el juego de trucos, y vereis claramente como antes que la bola de marfil reflecta se estrecha y se comprime.

EUG. — ¿Y cómo haceis esta experiencia?

TEOD. — De esta suerte: pongo esta bola de marfil sobre la piedra: bien veis que siendo esférica solo puede tocar la piedra en un punto, lo que se demuestra geoméricamente⁴; y si lo quereis ver pondré la bola de marfil levemente sobre la piedra, y observareis que sale teñida en un solo punto..... He aquí: ved.

EUG. — Así es.

TEOD. — Limpio ahora la bola y la deajo caer de alto, vereis como la bola reflecte hácia arriba; pero con una mancha encarnada mucho mayor que antes, cuando levemente la puse sobre la piedra..... ¿Veis esta mancha?

⁴ La esfera no puede tocar al plano sino en un punto, del mismo modo que la tangente en un solo punto toca al círculo.

SILV. — Teneis razon, mucho mayor es; ¿pero qué hace eso al caso?

TEOD. — Voy á decirlo: esta bola no se podia teñir sino en aquella parte que tocase á la piedra; antes cuando la pusimos levemente tocaba á la piedra solo en un punto, por eso salió teñida en un solo punto; ahora que quedó con una mancha mucho mayor, es señal que tocó la piedra por toda esta mancha, y que se comprimió, como sucede en la pelota, porque si no se comprimiese no podia tocar la piedra sino en un punto solo.

SILV. — Si la bola de marfil se hubiese comprimido habia de quedar con alguna mella, y vemos que no es así.

TEOD. — Si el marfil no fuese elástico quedaria mellado; pero como es elástico, luego que cesa el impulso se restituye á su estado natural, y queda otra vez la bola redonda. Tambien la pelota de cuero ú otra cualquiera cuando da en la pared se comprime, y por eso si acaso va mojada deja una mancha redonda en la pared, y con todo eso conserva despues de la reflexion su antigua figura, porque es elástica: lo mismo digo del marfil.

EUG. — A esto no teneis que decir, mi doctor, porque aquella razon es convincente.

SILV. — No lo es: la mancha que quedó en la bola de marfil puede ser que procediese de haber salpicado la tinta con la fuerza del golpe.

TEOD. — La tinta no estaba tan suelta que salpicase, y en el caso que así fuese habian de quedar algunas salpicaduras, y no una mancha redonda é igual; pero para mayor seguridad untaré muy leve-

mente la piedra con cera derretida, y despues de seca dejaré caer la bola de marfil de la misma altura, y vereis que queda impreso en la cera un vestigio redondo igual á la mancha encarnada; y advierto que la cera ha de ser en muy poca cantidad para que no se diga que se entró la bola en ella. Y para que no os quede el menor escrúpulo, despues que la bola de marfil reflectiere la pondreis levemente sobre el mismo vestigio ó seña del golpe, y vereis claramente como la bola solo en un punto toca á la cera, y que las estremidades del vestigio quedan distantes de la bola, lo que no sucederia si la bola hubiese hecho vestigio sin comprimirse.

ERG. — Esta esperiencia es semejante á la pasada: asi seria bien que la diéremos por hecha y pasemos adelante. Esplicadme bien como entra en juego la elasticidad.

TEOD. — Hacedos cargo de estas cuatro cosas que ya sabeis: 1.º La situacion y relaciones que guardan las partículas de un cuerpo entre si dependen de una especie de equilibrio entre la fuerza de cohesion y la fuerza repulsiva del calórico. 2.º Los cuerpos presentan cierto grado de tenacidad; esto es, las partículas no se separan unas de otras sin cierta dificultad. 3.º La dureza impide no solo que las partículas se separen enteramente, si no que se verifique esta separacion. 4.º La ductilidad al contrario permite á las moléculas mudar de puesto recíprocamente cediendo á esfuerzos mas ó menos enérgicos. Ahora cojamos este pedazo de ballena y sirvámonos de él para el razonamiento que voy á hacer: pudiera servirme de vuestra espada, como

de cualquier otro cuerpo elástico; mas para el caso el pedazo de ballena me es preferible por ser mas manejable. Doblo pues este pedazo de ballena; á pesar de su tenacidad y dureza algunas partículas de su parte convexa en particular se apartan de su posicion habitual; pero no por esto dejan de obedecer completamente á las fuerzas que las tenian en equilibrio, pues si suelto la ballena, se vuelve, como veis, á su primera posicion, y no solo esto, sino que se va mas allá del punto que ocupaba, de donde vuelve al que yo le he hecho tocar doblándola, dando oscilaciones cada vez menores, hasta que se ha quedado en reposo, esto es, en equilibrio. Esto os prueba que la fuerza de cohesion estaba obrando; pues luego que ha cesado la fuerza de mi mano, las moléculas han tendido al equilibrio que conservaban antes. Han hecho como la piedra que tirais al aire, la cual se aleja del suelo en tanto que obra la fuerza de proyeccion, y vuelve á él luego que esta fuerza ha cesado. Si en vez de soltar la ballena cuando estaba doblada, hubiese seguido doblando mas hasta vencer completamente la cohesion de las partículas, ya no hubiera recobrado su estado primitivo sino que se hubiera roto.

ERG. — ¿Pero como esplicais lo de las oscilaciones?

TEOD. — Iba á decíroslo: cuando yo he doblado la ballena y mudado con esto la posicion de ciertas moléculas, les he dado cierto movimiento, como lo doy á la bola que cuelga atada de un clavo, cuando la levanto: abandonada la ballena á sí misma se vuelve con el movimiento adquirido y oscila hasta

que este movimiento queda perdido como oscila la bola hasta que se quede equilibrada.

EUG. — Me satisface este modo de explicar la elasticidad.

TEOD. — No falta quien la explica de otra suerte¹. No ignorais que hay calórico entre las moléculas de la ballena, el cual ejerce la fuerza de repulsion: ahora bien cuando yo doblo la ballena hay algunas moléculas comprimidas; si comprimo estas moléculas, las aproximo, y mal pueden aproximarse si no se va el calórico que está entre ellas; este calórico obligado á salir de la ballena va á meterse por entre las partículas del aire ó cuerpos que rodean la ballena, donde está menos comprimido; mas luego que cesa la torsion de la ballena, si el calórico no se ha podido introducir aun entre las partículas de los cuerpos que rodean la ballena se vuelve á meter entre las moléculas de esta, porque entonces está mas comprimido fuera de ella; y vuelve á ejercer su fuerza repulsiya en virtud de la cual el cuerpo recobra su primitivo estado. Os he dado estos dos modos de explicar la elasticidad, escoged el que os parezca mejor, ó bien combinadlos.

EUG. — Por ahora me quedaré con el primero, puesto que todavía no habeis hablado del calórico, y que por lo mismo no conozco todo lo que le pertenece.

TEOD. — Discreto sois en esto, amigo, y os alabo la idea. Mas vamos adelante. Aunque, rigurosamente

¹ Robin, *Traité de chimie raisonnée*.

hablando, todos los cuerpos son elásticos, no se dicen tales sino los que lo son de un modo sensible en sus efectos y estos no lo son todos igualmente. Los hay que recobran tan rápidamente su estado primitivo que parece instantáneo este recobro, tales son por ejemplo las bolas del billar cuando se chocan; otros hay, los blandos y elásticos, que gastan cierto tiempo para recobrar su estado primitivo cuando se lo ha hecho mudar alguna fuerza; así veremos á su tiempo que en este choque se pierde una grande cantidad de movimiento. Los que recobran su forma primitiva de una manera completa como la ballena que nos ha servido de ejemplo, y mucho mas aun las bolas de billar, un resorte de acero, etc., tienen *elasticidad perfecta*; pero los que aun cuando la recobran, no lo verifican sino en parte como un palo verde por ejemplo, tienen *elasticidad imperfecta*. La mayor parte de los cuerpos dúctiles se hallan en este caso; mas observad que esto depende en gran parte de la fuerza que se emplea cuando se dobla un cuerpo. Vamos á probarlo con vuestra espada.

EUG. — Ahí va, y no temais en doblarla porque es de abonado temple.

TEOD. — La doblo hasta formar con ella un semicírculo, la suelto, hétela tan recta como antes; nadie es capaz de decir que acabamos de doblarla. Ahora voy á doblar esta hoja de cobre, la suelto, se endereza, es cierto, pero no del todo, se conoce que la han doblado. La enderezo, no le hago sufrir ahora mas que la mitad de flexion, la suelto; hétela enderezada cual si no la hubiese doblado. Aquí tengo

dos de plomo; doblo la primera en semi-círculo, ¿veis como se queda?

EUG. — Formando un semi-círculo, nadie dirá que sea elástica.

TEOD. — Esta otra es igual en un todo á la primera, y no la doblo sino ligeramente. Véis como oscila, como ha recobrado su forma primitiva.

EUG. — Sentado y probado queda para mí que la fuerza empleada influye mucho sobre la elasticidad de un cuerpo.

TEOD. — Otra cosa hay que influye tambien sobremanera, y es la forma, ó configuracion del cuerpo. Cuando he doblado vuestra espada, las partículas de la parte convexa se hallaban mas distantes las unas de las otras, y por lo mismo toda esta porcion de espada se habia alargado, y las de la parte cóncava, al contrario, se hallaban mas aproximadas y acortada esta porcion de acero; y como suponemos que las partículas tienden á recobrar su estado, la hoja debe enderezarse en el instante en que se la abandona, y de esto resulta grandes movimientos en los extremos de la espada, pues recorren grandes espacios, y todo en virtud de las aproximaciones y desvíos infinitamente pequeños de las partículas dislocadas entre sí. Si tomamos, por ejemplo, la pelota, que ha dado margen á tratar de este punto y la echamos al suelo, con el choque recibido en un punto de su superficie esférica se modifica su forma general, el diámetro correspondiente al punto del choque se acorta, y á sus espensas se ensanchan los diámetros transversales; pero luego que el choque cesa, no solo vuelve á su primitiva longitud el diá-

metro acortado, sino que se alarga, porque á su vez se acortan los diámetros transversos, y esta mudanza de forma es precisamente la causa del movimiento opuesto que toma la pelota despues del choque, movimiento que espresan sus saltos. Ahí teneis este anillo de goma elástica, le aprieto por los lados, por lo que pueden representar sus polos; su diámetro se acorta y toma el anillo, de circular que era, la forma elíptica; lo suelto y la elipse se forma en sentido opuesto. Lo mismo seria si lo ensayásemos en una esfera elástica hueca.

EUG. — Gustaríame que me lo demostraseis experimentalmente.

TEOD. — Poned este vaso de cristal en contacto de este otro, luego que yo le haya hecho sonar con un golpecito.

EUG. — ¿Qué vienen á ser estos choques que se dan los vasos? ¿Son esto las oscilaciones del vaso que heristeis?

TEOD. — Lo son en efecto y su teoría es la misma que la del anillo de goma elástica, la pelota y la espada. Estas vibraciones por las cuales pasan los cuerpos elásticos al reposo, y que comunicándose al aire hacen lo que se llama *sonidos* estan sujetas á ciertas leyes que os explicaré á su tiempo. Poned una cuerda, una piel, un alambre tirante; estos cuerpos que en su estado natural dejan dislocar demasiado sus moléculas para poder dar muestras de elasticidad, se hacen tan elásticas que vibran tanto como el primer cuerpo de esta naturaleza. En todos los casos que acabamos de examinar sucede que si la fuerza que muda la forma del cuerpo elástico, es

superior á las que mantienen el equilibrio de las moléculas, si son duros, se rompen; si son blandos guardan la forma que aquella fuerza les ha dado.

SILV. — Paréceme que Eugenio pudiera haceros todavía una observacion; no podreis negar que un cuerpo elástico doblado, quien si cesare luego la fuerza que lo dobla recobraría su estado primitivo, no la recobra jamas aunque le dejen libre, cuando esta fuerza persiste por mucho tiempo; y como dijisteis que la fuerza de atraccion es constante, si es ella á la que obedecen las partículas cuando tienden á recobrar su primitiva posición, en el primer caso, ¿por que dejan de obedecerle en el segundo?

ERG. — Ansioso estoy de saber como contesta á esto Teodosio, tanto mas cuanto me acuerdo que cuando niño torcia palos verdes, y los mantenía torcidos con cuerdas hasta que estuviesen secos y entonces aunque quitase la cuerda el palo se mantenía doblado.

TEOD. — Esto depende de que las moléculas se arreglan en su nueva posición y contraen poco á poco nuevo modo de equilibrarse fijamente: por esto los resortes tensos por mucho tiempo acaban por perder su elasticidad. En cuanto á lo del palo verde, ya sabeis que cuando seco no es elástico y la cuerda se pone, porque solo cuando verde se puede doblar tanto como deseais, y la misma razon que hace que un palo seco no se doble, hace que no recobre la forma de cuando verde. Y toda esta diferencia depende de los humores de que estaban empapadas las fibras del palo cuando verde, que le daban mas ductilidad y cedía á la mudanza de si-

tuacion de las partículas sin romperse; mas secándose el palo estos humores se han secado tambien, ó se han evaporado, y volviendo el palo mas duro ha vuelto tambien mas quebradizo. A la elasticidad de los cuerpos le debemos muchas ventajas para nuestros usos. Los relojes y otras muchas máquinas no tendrían movimiento sin ella. Los coches no se moverían tan blandamente por un suelo desigual, si no estuviesen suspendidos por tiras sobrepuestas de acero ó de cuero cuya elasticidad suaviza los choques. Nuestras almohadas y colchones nos proporcionan regalado reposo en virtud de la elasticidad de la lana, crin, ó pluma de que estan hechos, y cuando el uso largo de los tales utensilios ha debilitado esta elasticidad, por ser la presión una fuerza antagonista constante, se emborra y bate la lana para volverle su forma primitiva y con ella su elasticidad.

SILV. — Contento debeis de estar, Eugenio, cuando hasta hallais en la física la razon, ó el porque baten la lana los colchoneros.

ERG. — Por supuesto que lo estoy: ya sabía yo que la lana mullida se volvía batiéndola mas blanda, y se reposaba mejor sobre ella; pero ignoraba la razon de esto y no sabía como se le volvía á palos la elasticidad.

TEOD. — Bueno es que advirtais, Eugenio, que la elasticidad tal cual la acabamos de ver es propia de los sólidos, y cuando tratemos de la de los fluidos veremos que difiere absolutamente de aquella. Tampoco debeis confundirla con lo que llamamos *compresibilidad*.

EUG. — ¿Qué viene á ser esta nueva propiedad?

TEOD. — Aquella en virtud de la cual un cuerpo es susceptible de disminuir de volumen bajo la influencia de una accion mecánica exterior. Cojo un pedazo de esponja, de corcho, de miga de pan; la aprieto y se reduce á un volumen mucho menor del que tienen habitualmente estos cuerpos. Esta reduccion es un efecto de su compresibilidad. Los cuerpos porosos como los citados, son muy compresibles, llenos como estan de poros, donde no hay mas que aire; apretando uno de estos cuerpos, los huecos se disminuyen porque las partes sólidas se acercan y por lo tanto el volumen ha de disminuir. Mas notad que esta compresion se ejerce en estos cuerpos sin hacer mudar de posicion á las partículas; pues la aproximacion que ha reducido el volumen se ha verificado en pequeñas masas; lo cual no sucede cuando se comprime un cuerpo dúctil, ó un cuerpo elástico, en cuyos casos hay verdaderamente aproximacion de molécula á molécula y espulsion del calórico que se hallaba interpuesto.

EUG. — ¿Y es acaso la espulsion de este calórico la causa de que cuando se comprime fuertemente un pedazo de plomo por ejemplo se calienta?

TEOD. — Acertasteis: mas no es el plomo el que se calienta sino vos, pues él pierde su calórico: así como os moja la esponja cuya agua espulsais apretándola: de esto ya trataremos á su debido lugar; dejadme ahora que os diga algo sobre la *flexibilidad* y *estensibilidad* de los sólidos. La *flexibilidad* consiste en poderse doblar un cuerpo sin romperse, ya recobre su primitiva forma, como la

espada, ya conserve la que le han dado con la flexion, como el plomo. Esta propiedad esta íntimamente relacionada con el grueso de la masa que se pone en flexion; así siempre que querais emplear un pedazo de madera sobre el cual se ha de hacer algun esfuerzo, cuidad de que tenga mucho grueso de arriba abajo, pero si deseais flexibilidad, haed que tenga bien poco. En cuanto á la *estensibilidad*, diré poca cosa: sabeis que hay muchos cuerpos que, tirándolos por ambos extremos, se alargan; pues esto es lo que se llama *estensibilidad* de dichos cuerpos, porque en virtud de esta propiedad se estienden. Esta prolongacion es proporcional á la fuerza cuando esta no es mucha.

EUG. — Ahora me acuerdo de una cosa que me ha dado mucha guerra y quiero esponerosla porque me parece que ha de esplicarse por alguna de estas propiedades que me andais esplicando. Un amigo mio tiene una quinta y delante de la casa un jardin cuya reja de enfrente está fija por unas barras de hierro que van desde los ángulos á la puerta del jardin que es tambien de hierro. Estas barras se acortan durante el invierno, y se alargan durante el verano; de lo que resulta que en aquella estacion las dos medias puertas no se alcanzan, y en esta se cruzan, y como concebis, ni en una, ni en otra la puerta del jardin se cierra bien, lo que le incomoda mucho y está echando sapos y culebras contra el que construyó la reja¹. ¿Ahora bien, porque las barras de hierro hacen esto?

¹ Esto es lo que sucedia en la reja del palacio de Tullerías en París,

TEOD. — Ya casi podiais resolver vos mismo este problema acordándoos de la fuerza repulsiva del calórico. Esta fuerza á la cual deben como sabeis su estado los cuerpos sólidos líquidos y gaseosos les hace mudar de volumen tanto si aumenta, como si disminuye; acordaos de la figura que os hice (56-57-58), y vereis que cuando hay menos calórico interpuesto las partículas del cuerpo se aproximan, cuando hay mas, se apartan: ahora bien en invierno, el frio hace salir parte del calórico contenido habitualmente entre las partículas de las barras del jardín de vuestro amigo, y como estas partículas se aproximan con la ausencia del calórico las barras se acortan: en el verano el calor del sol y de la atmósfera aumenta el de la barra cuya fuerza repulsiva aleja las partículas y las barras se alargan.

EUG. — Os confieso que me sorprende la clarísima esplicacion de un fenómeno que siempre me habia preocupado.

TEOD. — A esto llaman los físicos *dilatabilidad* de los cuerpos, á saber una propiedad por la cual pueden aumentar de volumen en todos sentidos, cuando se aumenta la cantidad de calórico intersticial. Y para que no sea esteril la esplicacion que os he dado; cuando veais á vuestro amigo decidle que eleve, á distancia una de otra, columnas de piedra donde puedan moverse las barras y de esta suerte la puerta cerrará bien.

dentro de la plaza dicha del *Carrousel*, y obviaron este inconveniente del propio modo que va á decir Teodosio. Vease Pelletan, obr. cit., tom. I, p. 204.

EUG. — Os aseguro que le haré grande servicio, porque el que le construyó la reja no le ha sabido nunca darle la verdadera razon de estas mudanzas ni el medio de evitarlas.

TEOD. — Esta propiedad os dará razon de otros muchos hechos que habeis observado sin duda mas de una vez. ¿Habeis visto construir carros?

EUG. — Sí, y en efecto me despertais otra dificultad, ¿por que calientan las barras de hierro que clavan en seguida en la circunferencia de las ruedas?

TEOD. — Por la misma razon que enfriándose han de acortar su volumen y estrecharse, con lo cual se da mas solidez á la rueda. Lo mismo se hace ó puede hacerse con los círculos de hierro que ponen en las cubas y toneles. Y notad que la fuerza con que se estrechan las moléculas del hierro es considerable, hasta el punto de romperse un círculo que se haya puesto caliente en un cilindro si la resistencia que este presenta á la accion compresiva del círculo, cuando se enfria, es superior á la fuerza de cohesion de sus moléculas.

EUG. — Cuidad, Teodosio, de que no os caiga esa manga de vidrio; pues está tan fuera de la mesa que ya la habeis hecho bambolear y corre riesgo de que se vaya al suelo.

TEOD. — No os asusteis; porque aunque salga fuera de la mesa algunos dedos mas no puede caer, porque para caer es preciso que la mayor parte de la manga esté fuera de la mesa. Voy á demostraroslo, y sabreis lo que es preciso para que caigan los cuerpos que estan sobre alguna cosa.

EUG. — Si quereis hacer alguna esperiencia sobre esto os pido que no useis de la manga de vidrio, porque no puedo sosegar el susto; usad de otras cosas cuya caida no sea tan peligrosa.

TEOD. — Este tablero de jugar que está sobre la mesa bien veis que tiene una parte fuera de ella: voy echándolo hácia afuera cada vez mas: ¿veis que estando ya en el aire casi medio tablero aun no cae? Reparad, pues, que solo cae cuando el agujerito que está en el medio del tablero llega á salir de la mesa.

EUG. — Asi es.

SILV. — Ahora resta dar la razon.

TEOD. — Voy á darla: mientras que el agujerito del tablero está encima de la mesa, es mayor la parte del tablero que está sostenida, que la que está en el aire: para que caiga esta mitad del tablero es preciso que la otra parte que está sobre la mesa se levante hácia arriba; cargadle con el dedo, y vereis que á proporción que una parte se baja la otra se levanta, del mismo modo que vemos en la balanza: siendo, pues, esta parte que está en el aire menor que la otra, bien se ve que no ha de poder levantarla, como sucede en la balanza, y así no puede caer el tablero. Pero luego que el medio ó el centro del tablero llegare á salir fuera, necesariamente ha de caer todo, porque entonces es mayor la parte que se baja que la que se levanta.

EUG. — Ahora os voy á enseñar una figura curiosa que se mueve con mucha ligereza y no cae en el suelo.

SILV. — ¿Qué figura es?

TEOD. — Ya la hago venir, y servirá para diversion é instruccion. Es una figura de palo, que solo se afirma sobre la punta de un pie: tiene en las manos dos espadas con los pomos hácia abajo (otras hay que tienen atravesado un alambre, y en el fin de él dos bolas de plomo); ésta figura se pone suelta sobre una peana á manera de candelero, por sí sola se mantiene derecha, y aunque la hagais mover alrededor con la mayor velocidad no se cae: aquí la teneis (Fig. 45.): vedla, y haced la esperiencia.

SILV. — Yo estoy pasmado: los ignorantes reputarán esto por hechicería.

EUG. — He aquí le inclino la cabeza hasta quedar mas baja que los pies: ¿veis que no cae, y que dejándola se levanta?



Fig. 45.

SILV. — No lo dilateis mas, Teodosio: vamos á la razon de este efecto: ¿por que no cae esta figura?

TEOD. — Las guarniciones de estas espadas estan llenas de plomo, por eso pesan mucho mas que toda la figura: para caer la figura estando firme sobre el pie bien veis que es preciso que las guarniciones de las espadas se levanten hácia arriba; y como son

mas pesadas que la figura, queda claro que la figura no las ha de poder levantar, así como cuando un brazo de la balanza está mas cargado y pesa mas que el otro cae, y el mas ligero se levanta, así tambien como las guarniciones de las espadas pesan mas que la figura han de caer; y como no pueden estar abajo sin estar la figura levantada hácia arriba, por eso siempre se conserva en pie, y por mas que la inclinen siempre se vuelve á enderezar. Pero ya veo que no comprendéis bien esto, porque no os he hablado todavía del centro de gravedad. Vamos á tratar de este punto que no dejará de interesaros.

§ V.

Trátase del centro de gravedad y sus aplicaciones á la arquitectura.

TEOD. — Llamamos *centro de gravedad* aquel punto, por el cual si colgásemos un cuerpo todas sus partes quedarán en equilibrio.

Ya veis que siendo cuerpo homogéneo, esto es, de una misma materia, y de figura regular, como una regla de madera ó de marfil (Fig. 44.); aquel punto que queda bien en medio, así de su latitud como de su longitud, y bien en medio del grueso que tiene, es el que debe llamarse centro de la gravedad,



Fig. 44.

porque entonces si suspendiésemos la regla por ese punto quedarían todas las partes en equilibrio. Pero si la regla fuese mas pesada en uno de sus lados *m*, ya el centro de su gravedad no estaría en el punto del medio, sino que estaría hácia la parte de *m*, pues si así no fuera la parte *m* caería hácia abajo. De aquí se infiere que en el cuerpo humano el centro de la gravedad no es punto alguno fijo, porque si estamos en pie con los brazos caídos y la cabeza derecha será cierto punto en el vientre; pero si movemos los brazos hácia delante se muda el centro de gravedad, porque entonces la parte de adelante pesa mas que hácia las espaldas, y en este caso conviene tomar por centro otro punto mas retirado de la espalda: lo mismo se dirá cuando los brazos se mueven á los lados, la cabeza se inclina, etc. De este modo en los animales se muda el centro de gravedad con cada movimiento que hacen sus miembros. El modo práctico de hallar en un cuerpo inanimado, irregular, el centro de gravedad, es tomar un cuchillo, sentarle sobre la mesa con el corte hácia arriba, y poner sobre él el cuerpo atravesado, empujándole ya mas ó ya menos, hasta que en su longitud quede en equilibrio: despues cárguese sobre el cuerpo para que el cuchillo deje una señal impresa en él; quítese y póngase de otro modo sobre el cuchillo: váyase tentando el equilibrio, y cárguese del mismo modo que antes; adonde se junten las dos señales y se crucen, allí es el centro de gravedad. En el grueso no se puede hallar de este modo con facilidad si es poco; pero siendo mayor debe hacerse la misma diligencia, y de este modo cuanto la línea

mas pesadas que la figura, queda claro que la figura no las ha de poder levantar, así como cuando un brazo de la balanza está mas cargado y pesa mas que el otro cae, y el mas ligero se levanta, así tambien como las guarniciones de las espadas pesan mas que la figura han de caer; y como no pueden estar abajo sin estar la figura levantada hácia arriba, por eso siempre se conserva en pie, y por mas que la inclinen siempre se vuelve á enderezar. Pero ya veo que no comprendéis bien esto, porque no os he hablado todavía del centro de gravedad. Vamos á tratar de este punto que no dejará de interesaros.

§ V.

Trátase del centro de gravedad y sus aplicaciones á la arquitectura.

TEOD. — Llamamos *centro de gravedad* aquel punto, por el cual si colgásemos un cuerpo todas sus partes quedarán en equilibrio.

Ya veis que siendo cuerpo homogéneo, esto es, de una misma materia, y de figura regular, como una regla de madera ó de marfil (Fig. 44.); aquel punto que queda bien en medio, así de su latitud como de su longitud, y bien en medio del grueso que tiene, es el que debe llamarse centro de la gravedad,



Fig. 44.

porque entonces si suspendiésemos la regla por ese punto quedarían todas las partes en equilibrio. Pero si la regla fuese mas pesada en uno de sus lados *m*, ya el centro de su gravedad no estaría en el punto del medio, sino que estaría hácia la parte de *m*, pues si así no fuera la parte *m* caería hácia abajo. De aquí se infiere que en el cuerpo humano el centro de la gravedad no es punto alguno fijo, porque si estamos en pie con los brazos caídos y la cabeza derecha será cierto punto en el vientre; pero si movemos los brazos hácia delante se muda el centro de gravedad, porque entonces la parte de adelante pesa mas que hácia las espaldas, y en este caso conviene tomar por centro otro punto mas retirado de la espalda: lo mismo se dirá cuando los brazos se mueven á los lados, la cabeza se inclina, etc. De este modo en los animales se muda el centro de gravedad con cada movimiento que hacen sus miembros. El modo práctico de hallar en un cuerpo inanimado, irregular, el centro de gravedad, es tomar un cuchillo, sentarle sobre la mesa con el corte hácia arriba, y poner sobre él el cuerpo atravesado, empujándole ya mas ó ya menos, hasta que en su longitud quede en equilibrio: despues cárguese sobre el cuerpo para que el cuchillo deje una señal impresa en él; quítese y póngase de otro modo sobre el cuchillo: váyase tentando el equilibrio, y cárguese del mismo modo que antes; adonde se junten las dos señales y se crucen, allí es el centro de gravedad. En el grueso no se puede hallar de este modo con facilidad si es poco; pero siendo mayor debe hacerse la misma diligencia, y de este modo cuanto la línea

señalada con el corte del cuchillo distare de la superficie primera de la tabla, v. g., tanto ha de tener de profundo el agujero hecho en la encrucijada de las dos primeras señales para hallar el centro de gravedad. Si la figura del cuerpo es muy regular en todo, en el grueso, longitud y latitud es casi imposible hallarle sin engaño. Mas supuesto que se haya hallado, os voy á dar en varias proposiciones la doctrina para explicar muchos efectos, unos ordinarios y comunes, y otros admirables y extraordinarios.

EUG. — Me hareis mucho favor, pues ya empiezo á columbrar en esto la razon de muchas cosas que hasta ahora he ignorado.

TEOD. — Vamos á la pizarra otra vez y establezcamos que *si el centro de gravedad está sostenido, el cuerpo no puede caer; pero si el centro no se sostiene, en el instante cae el cuerpo* (Fig. 45.).

Pongamos A sobre el borde de una mesa, y vamos empujando este cuerpo hácia fuera, hasta tanto que la línea que viene á plomo desde el centro caiga en la mesa no caerá el cuerpo; pero desde el punto en que saliere, de forma que la tal línea caiga fuera de la mesa, el cuerpo se precipitará. Esto basta para entender la ley. La razon y prueba de la ley en general es esta: el centro si está sostenido no puede caer; ahora pues para que el cuerpo caiga estando fijo el centro, es preciso que haya de caer hácia un lado ó hácia otro; pero esto no puede ser, porque



Fig. 45.

ambos estan en equilibrio como se supone, y no hay mas razon para un lado que para otro; luego el cuerpo quedará inmóvil, así como si suspendemos una balanza por el eje queda inmóvil, porque el eje está seguro y no cae, y estando él fijo, la balanza debiera caer hácia un lado ó hácia otro, mas estando en equilibrio no hay razon de precedencia; pero si suspendemos la balanza, no por el eje sino por alguna parte á lo largo, ya caerá, porque las dos partes no quedan en equilibrio. Advierto ahora *que si el centro está seguro, todo lo que cae á plomo así hácia arriba como hácia abajo tambien lo está*: los puntos hácia arriba, porque no pueden bajar sin penetrarse con el centro fijo que está con ellos á plomo, los otros que caen por debajo tambien á plomo no pueden faltar sin separarse del centro que está fijo; y así toda la línea á plomo del centro fijo es línea segura. Esto supuesto hay tres modos de suspender el centro de la gravedad, combinando con él el centro del movimiento ó el punto fijo (Fig. 46.).

Pongamos una regla igual de ambas partes; hagámosla tres agujeros en la línea del medio pa-



Fig. 46.

ra poder atravesarla con un alfiler. Primeramente, si atravesamos la regla por el agujero del medio, aseguramos el centro de gravedad asimismo, poniendo en él el centro del movimiento. En segundo lugar, si atravesamos la regla por el agujero superior, aseguramos el centro de gravedad por arriba, quedando suspenso, y queda el centro de gravedad mas abajo

que el centro del movimiento. En tercer lugar, si atravesamos la regla por el agujero inferior aseguramos el centro de gravedad por abajo; pero entonces queda el centro de gravedad encima del centro de movimiento.

Entendido esto os doy tres resoluciones ó reglas. Primera, *si el centro del movimiento se confunde con el centro de la gravedad, en cualquier postura que se coloque el cuerpo quedará inmovil*; porque si todo de parte á parte está en equilibrio, ninguna parte puede mover ó abatir á la otra.

Por eso atravesada la regla por el agujero del medio se está quieta. Segunda, *si el centro de la gravedad queda debajo del centro del movimiento no puede caer el cuerpo, y balanceando vendrá á buscar la situacion primera*. Y así si clavamos la regla por el agujero superior (Fig. 47) y la movemos,



Fig. 47.

ella por sí misma irá buscando la situacion horizontal. La razon es, porque en esta si-

tuacion el centro estaba suspendido por arriba, y la regla horizontal no podia caer por sí; pero moviéndola hácia el uno ó el otro lado, como el centro queda fuera de la línea á plomo, caerá hácia abajo; mas cayendo (Fig. 47) viene á ponerse en la línea á plomo que está sustentada por el clavo; y aunque el movimiento, semejante al del péndulo, la haga pasar á otra parte, de allí la volverá, y quedará últimamente en la línea del plomo. Tercera, si el centro de gravedad queda encima del centro del movi-

miento (Fig. 48) en retirándose el centro de esta línea el cuerpo se precipitará: v. g., si colgamos la regla por el agujero inferior será muy difícil que



Fig. 48.

no caiga esta regla; porque en cuanto estuviere bien horizontal, el centro está sostenido por el clavo que cae por debajo de él; pero si desmiente cualquier cosa del nivel, ya el centro de gravedad sale hácia fuera de la línea á plomo, y como cada vez se aparta mas la regla caerá del todo.

EUG. — ¿De suerte que va mucha diferencia entre sustentar el centro de gravedad por arriba ó por debajo?

TEOD. — Cuando lo sustentan por arriba el cuerpo podrá moverse, y buscará por sí mismo el estado en que estaba, porque el centro de gravedad (Fig. 47) cuando saliere fuera del plomo sube, y si la dejaren caer, y cuanto mas cae mas busca el plomo, por lo que quedará seguro; pero cuando el centro de gravedad se sustenta por debajo (Fig. 48), en saliendo fuera del plomo cae, y si le dejan caer cada vez se desvia mas de la línea del plomo en la que solamente podia estar seguro. En este caso el centro hace cayendo un arco convexo, en el otro le hace cóncavo; por eso en un caso cuanto mas baja mas busca el plomo, en el otro cuanto mas descendiendo mas huye de él. No desprecieis esta doctrina que os servirá para mucho, y en especial para la doctrina de la balanza comun, sobre la que luego os diré algunas cosas que os agradarán.

EUG. — Esto supuesto, podreis explicar varios efectos naturales, ya sabidos de todos, ya solamente de los que estudian.

TEOD. — En efecto es así y voy á hacerlo. Cualquier cuerpo A (Fig. 49) como es un grandísimo queso de Parma ó de *Gruyere*, que son todavía mayores, se puede sostener sobre un palo del grueso de un dedo si le saben buscar el centro de gravedad. Porque poniendo el centro sobre un lugar fijo no puede caer ni á plomo por estar fijo el lugar, ni hácia uno ni otro lado, porque todo se supone en equilibrio; luego no puede caer. No obstante á cualquier movimiento que le den al punto caerá, porque en saliendo el centro de la línea á plomo ya no la podrá hallar. Por la misma razon se puede sostener una espada, un baston etc. sobre una uña corriendo una sala, pero se ha de hacer de suerte que el centro de gravedad siempre esté á plomo en toda la sala.

EUG. — Los que danzan en la maroma por solo este precepto harán todas aquellas habilidades, porque tienen cuidado con que el centro de gravedad caiga siempre á plomo en la cuerda.

TEOD. — Para esto se sirven de un palo grueso, entrando este en las manos del bailarín en cuenta para el centro de gravedad; nuestro centro de gravedad naturalmente corresponde al vientre, como á la mitad del grueso, frente del ombligo: no obs-

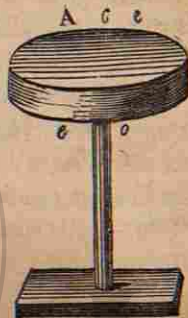


Fig. 49.

tante, si tengo un peso en las manos, á proporcion que me inclino adelante ó á los lados, se va mudando el centro de gravedad, y por esto cuando advierten que el cuerpo se inclina á un lado ponen el palo al lado opuesto, y va el centro de gravedad á buscar la cuerda para descansar sobre ella.

EUG. — No deja de ser una habilidad.

TEOD. — Cuando andamos naturalmente se mueve la cabeza hácia los lados, lo que se observa poniendo una línea fija detras del que va andando, y se advertirá que siempre va poniendo la cabeza á plomo del pie sobre que se afirma; y como ya nos afirmamos sobre el pie derecho, ya sobre el izquierdo, vamos siguiendo con la cabeza los mismos movimientos. La razon de esto es, porque siempre el centro de gravedad ha de caer á plomo sobre el pie que nos sirve de base, y en el que estribamos para no caer.

EUG. — Teneis mucha razon: así sucede.

TEOD. — Los arrieros cuando van á pie llevan los brazos pendientes, balanceando á uno y á otro lado, lo que les facilita mucho el andar. La razon es, porque los dos brazos en el balanceo que hacen á la derecha llevan el centro de gravedad hácia esa parte, y así los músculos del resto del cuerpo no tienen el trabajo de impeler á esta parte el peso del cuerpo y el centro de gravedad.

EUG. — Dejádme citar un ejemplo y dar la razon de él. Cuando nos deslizamos cayendo á un lado vamos naturalmente con los brazos á la parte opuesta, apartándolos mucho del cuerpo para ver si de este modo evitamos la caída, convirtiéndola

en cabriola. La razon es, porque si el pie resbaló al lado derecho, hácia allí va la base; luego conviene que hácia esa parte vaya tambien el centro de gravedad para quedar sobre ella. Mas para esto conviene mover hácia ese lado cualquier parte del cuerpo, y los brazos son los que se hallan mas prontos; por eso acudimos luego á estenderlos con fuerza hácia esa parte, y muchas veces nos sostenemos sin caer.

TEOD. — Os habeis explicado perfectamente. En los carruages se debe observar en donde está el centro de gravedad para saber el peligro que tienen de volcarse. Todas las veces que la disposicion del carril los inclina de suerte que el centro de gravedad caiga fuera de la base, que es la distancia de las ruedas, ya se sabe que volcarán; pero quanto mas alto esté el centro de gravedad mas facil es salir este fuera de la base, porque describe un arco mayor cuando se inclina la calesa. Por eso se observan los siguientes casos.

Una calesa vacía cae con mas facilidad que cuando lleva gente, porque con la gente va el centro de gravedad mas hácia abajo. Un carro cargado de paja volcará mas fácilmente que el que lleva barras de hierro, porque en este va el centro de gravedad casi en el sojado del carro, y es como imposible que vuelque; pero en el de paja va muy alto el centro de gravedad. Para correr la posta y evitar los balanzos se cargan de plomo las sillas para que el centro de gravedad quede muy bajo. Para el mismo efecto hacen las ruedas muy anchas, con el fin de que la base sea muy grande, y no suceda caer fuera de ella el centro de gravedad. Las sillas mas airosas

que se usaron en algun tiempo, y cuyas cajas tenían una base estrecha y las cabezas muy grandes, se volcaban á cada paso.

EUG. — Decidme la razon de lo siguiente. Si un hombre se arrima á una pared con los pies á la francesa, como dicen, tocando con los carcañales en la pared, no podrá recoger el sombrero si se le cae en el suelo por delante.

TEOD. — La razon es, porque la base de este hombre es el espacio que se comprende desde la linea que pasa por las estremidades de los pies hasta la pared. En tanto que el hombre está á plomo cae el centro de gravedad en esta basa; pero bajándose para tomar el sombrero es preciso que salgan las rodillas hácia afuera, como tambien la mano al recogerle. Esto hace que el centro de gravedad se mude hácia adelante, caiga fuera de la base, y venga el hombre á caer de bruces.

EUG. — Si me siento en un taburete llegando con las rodillas á la pared, y con los pies tocando tambien en ella, no puedo levantarme si no es que retiro hácia atras los pies.

TEOD. — La razon es, porque estando sentado cae el centro de gravedad en el taburete: para ponerlos en pie es preciso que este centro caiga sobre los pies; para esto es necesario dar al cuerpo un grande movimiento hácia adelante, y en este movimiento temeis romperos la cabeza contra la pared. Ya se supone que han de estar los pies en la postura natural. El que tuviere los pies muy largos, como hace base grande podrá tal vez levantarse, aunque con trabajo, porque hace la base en

los carcañales distantes de la pared, y sobre ellos cae el centro.

Sobre un plano inclinado (Fig. 50) conduce mucho la figura del cuerpo para sostenerse ó rodar. Si el cuerpo es redondo A, por poco que se incline el plano ya el centro de la gravedad cae fuera de

la base: en el que es ochavado B el centro de la gravedad cae dentro de la base, si fuere poca la inclinacion, y mucho mas en el que es cuadrado C; mas tanta puede ser la inclinacion del plano que todos vayan rodando por la razon ya esplicada.

Una esperiencia se hace segun estos principios, que admira á los que la ven. Se pone sobre un plano inclinando un cilindro grande (Fig. 51), y en vez

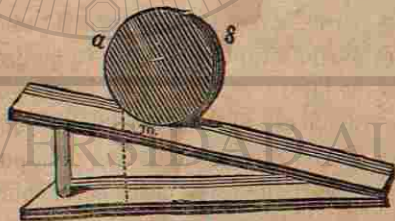


Fig. 51.

de caer sube por sí mismo, y en cierta distancia para sin que ninguno le sostenga.

TEOD. — En que tiene dentro una grande porcion de plomo arrimada toda á un lado, y de aquí proviene que el centro de gravedad no está en el centro del volumen, sino cerca del borde en *a*. En

EU. — ¿Y en qué consiste el secreto de este cilindro?

este caso el tal centro *a* cae fuera de la base hácia la parte de arriba, porque así colocaron de propósito el cilindro; y como el centro queda fuera de la base debe caer. Pero el centro *a* cayendo hácia abajo hace que el cilindro todo vaya rodando por el plano arriba hasta que el centro quede junto á la base *m*, y entonces para este cuerpo. Mas para quien ignora el secreto es cosa admirable ver el cilindro balanceándose en el plano inclinado, ya hácia abajo, ya hácia arriba, hasta sostenerse por sí mismo en un cierto parage. Advierto que la tabla que sirve de plano no debe estar muy lisa, porque no resbale el cilindro.

SILV. — Otra esperiencia hay muy galante, que tambien admira mucho á primera vista (Fig. 52).

Formemos un cuerpo A de dos pirámides, mejor diré conos, juntos por las



Fig. 52.

bases. Deben ser de madera pesada y bien torneada (algunos los hacen de bronce). Se tienen preparadas dos reglas BD, juntas en una estremidad D, y abiertas por la otra B. En la estremidad abierta tienen estas dos reglas unos resaltes que las levantan, y en la parte D, en que están juntos, sientan en llano: preparadas así, se pone el cuerpo A, y se atraviesa sobre las reglas, y se ve con admiracion que en vez de rodar hácia la parte del ángulo D, en que las reglas están mas bajas, rueda hácia la B, en que las reglas están visiblemente mas levantadas; de suerte que es preciso

poner allí dos clavitos para que el cuerpo no salga fuera de las reglas. Si acaso impelen el cuerpo A hácia D, va sí; pero acabado el impulso vuelve por sí mismo hácia la parte mas alta B. Esplicad Teodosio, vos que lo teneis mas á mano, la razon de este experimento.

TEOD. — Este efecto es engañoso: parece que el cuerpo sube, y verdaderamente baja; y esto se conoce midiendo cuánto dista del bufete cuando está en D y cuando está en B: en las estremidades unidas D, como el cuerpo A no puede entrar en el hueco de las reglas, dista del bufete toda la altura de las reglas; pero en las estremidades abiertas B como puede entrar por ellas casi todo toca en el plano. Advierto que para que el efecto suceda como se desea, los resaltes de las estremidades abiertas B deben tener de altura menos del semidiámetro del grueso del cuerpo A, porque el cuerpo A solo puede entrar por las reglas con la mitad del hueco, esto es, *oe*, *oo*, y aun menos; luego si las reglas levantaren mas, el cuerpo no podrá buscar las estremidades abiertas, porque entonces ya no baja caminando hácia esa parte.

EUG. — Decidme la razon fisica de este efecto.

TEOD. — Es la siguiente (Fig. 55). Tirando una linea central en A de punta á punta, por fuerza ha de pasar por el centro de gravedad del cuerpo; y si tiramos una linea por la superficie inferior del cuerpo, que corresponda á plomo á esta linea central, esta linea *mn* es la que debe ser sustentada



Fig. 55.

para que el cuerpo quede inmovil. Si las dos reglas fuesen paralelas *oo*, *cc*, entonces sin duda que está linea *mn* quedará sostenida, esten muy separadas las reglas ó esten poco; pero si las reglas se pusieren juntas en una estremidad, entonces no pueden tocar en los puntos de esta linea *mn*, porque de la parte que se juntan encontrarán con A antes que toquen en los puntos de la linea *mn*, que está á plomo en la central: siendo esto así, los puntos que tocan las reglas no son de la linea *mn*, sino que quedan á un lado, y la tal linea *mn*, sobre que cae el centro de la gravedad, queda en vago, y ha de caer; y así el cuerpo rueda, no hácia la parte del ángulo D, en que las reglas se juntan y los puntos estan seguros, sino hácia la parte opuesta, porque allí es donde el cuerpo está en vago y descende.

EUG. — No os canseis en amontonar mas hechos pues bastan los espuestos.

§ VI.

Del centro de gravedad imaginario y de los principios de la arquitectura.

TEOD. — Veamos ahora otro centro de gravedad.

EUG. — ¿Cómo otro centro de gravedad?

TEOD. — El que se llama imaginario, el cual sigue las mismas leyes que el verdadero.

EUG. — Andad diciendo.

TEOD. — Pongamos un ejemplo (Fig. 54). Supongamos una tabla redonda abierta por el medio: esta tabla no tiene centro de gravedad

poner allí dos clavitos para que el cuerpo no salga fuera de las reglas. Si acaso impelen el cuerpo A hácia D, va sí; pero acabado el impulso vuelve por sí mismo hácia la parte mas alta B. Esplicad Teodosio, vos que lo teneis mas á mano, la razon de este experimento.

TEOD. — Este efecto es engañoso: parece que el cuerpo sube, y verdaderamente baja; y esto se conoce midiendo cuánto dista del bufete cuando está en D y cuando está en B: en las estremidades unidas D, como el cuerpo A no puede entrar en el hueco de las reglas, dista del bufete toda la altura de las reglas; pero en las estremidades abiertas B como puede entrar por ellas casi todo toca en el plano. Advierto que para que el efecto suceda como se desea, los resaltes de las estremidades abiertas B deben tener de altura menos del semidiámetro del grueso del cuerpo A, porque el cuerpo A solo puede entrar por las reglas con la mitad del hueco, esto es, *oe*, *oo*, y aun menos; luego si las reglas levantaren mas, el cuerpo no podrá buscar las estremidades abiertas, porque entonces ya no baja caminando hácia esa parte.

EUG. — Decidme la razon fisica de este efecto.

TEOD. — Es la siguiente (Fig. 55). Tirando una linea central en A de punta á punta, por fuerza ha de pasar por el centro de gravedad del cuerpo; y si tiramos una linea por la superficie inferior del cuerpo, que corresponda á plomo á esta linea central, esta linea *mn* es la que debe ser sustentada



Fig. 55.

para que el cuerpo quede inmovil. Si las dos reglas fuesen paralelas *oo*, *cc*, entonces sin duda que está linea *mn* quedará sostenida, esten muy separadas las reglas ó esten poco; pero si las reglas se pusieren juntas en una estremidad, entonces no pueden tocar en los puntos de esta linea *mn*, porque de la parte que se juntan encontrarán con A antes que toquen en los puntos de la linea *mn*, que está á plomo en la central: siendo esto así, los puntos que tocan las reglas no son de la linea *mn*, sino que quedan á un lado, y la tal linea *mn*, sobre que cae el centro de la gravedad, queda en vago, y ha de caer; y así el cuerpo rueda, no hácia la parte del ángulo D, en que las reglas se juntan y los puntos estan seguros, sino hácia la parte opuesta, porque allí es donde el cuerpo está en vago y descende.

EUG. — No os canseis en amontonar mas hechos pues bastan los espuestos.

§ VI.

Del centro de gravedad imaginario y de los principios de la arquitectura.

TEOD. — Veamos ahora otro centro de gravedad.

EUG. — ¿Cómo otro centro de gravedad?

TEOD. — El que se llama imaginario, el cual sigue las mismas leyes que el verdadero.

EUG. — Andad diciendo.

TEOD. — Pongamos un ejemplo (Fig. 54). Supongamos una tabla redonda abierta por el medio: esta tabla no tiene centro de gravedad

real y verdadero, porque por cualquier punto que quieran colgarla no puede quedar en equilibrio; pero se supone que el centro está en *i*, lugar en donde estaría si el hueco estuviera ocupado con materia homogénea, y se procede del mismo modo para determinar los efectos.

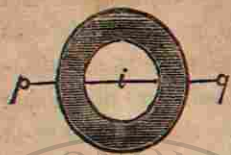


Fig. 54.

La razón es, porque si el hueco estuviera ocupado con materia homogénea, no solamente se compensaba por una parte con la que ocuparía la parte opuesta, sino que también en el anillo se contrapesaba la materia de una parte con la correspondiente en su opuesta, y las acciones de su peso mutuamente se destruirían; y de este modo quedaban las partes del anillo en equilibrio entre sí como si no existiese la tal materia del hueco; luego quitada esa materia del lugar que queda en hueco podemos proceder del mismo modo.

De aquí se sigue que es muy fácil sustentar un plato en la punta de un cuchillo si se pone con el cóncavo hacia abajo; pero que es casi imposible con la concavidad hacia arriba.

La razón de esto es, porque el centro de gravedad está en el cóncavo del plato por causa del borde que siempre levanta. Si ponemos la punta del cuchillo en el medio del fondo por la parte cóncava, viene á quedar el centro de gravedad debajo del centro del movimiento, y de este modo se asegura conforme á lo dicho. Si volcamos la concavidad hacia arriba, será muy difícil que se sostenga en equi-

librio, porque entonces queda el centro de gravedad sobre el centro del movimiento, y allí no influye en el equilibrio.

La figura de palo que baila con las espadas en la mano se sustenta y danza sin caer, mientras que el centro de gravedad cae debajo de la punta del pie sobre que estriba la figura; porque es regla general: *cuando el centro de gravedad queda debajo del centro del movimiento, el cuerpo no puede caer de cualquier modo que se mueva*. Pero si encorvando menos las espadas, ó disminuyendo el peso, hacemos que el centro de gravedad suba sobre la punta del pie, caerá sin remedio la figura al menor movimiento, porque hay otra regla general que dice: *cuando el centro de gravedad se halla sobre el centro del movimiento, si el cuerpo se mueve debe caer*.

Cuando un cuerpo está seguro por un punto, cualquiera que sea, el centro de gravedad viene á buscar necesariamente la línea á plomo de este punto.

La razón es, porque si el cuerpo está seguro solo por un punto, todo lo demás está en el aire, y el centro de gravedad también, y por consecuencia este centro ha de caer y bajar cuanto pudiere; pero él no puede bajar mas sino en cuanto se pone en la línea á plomo que va del punto fijo hacia abajo; así como cualquier péndulo no puede descender mas que en cuanto está á plomo del clavo que lo asegura.

En virtud de esta regla se hacen varias esperiencias que admiran; una es esta: tomad una tijera ó llave (Fig. 55.), enganchad en ella un garabato como de candil ó cosa semejante *a*, de suerte que haga

con la llave un ángulo agudo que no se pueda abrir :

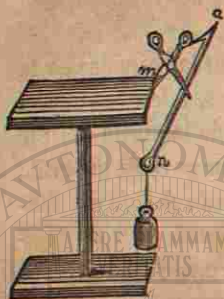


Fig. 55.

colgad de él un peso cualquiera, y vereis que todo se sostiene de la punta de la llave ó tijera sin que pueda caer.

Por mas que el peso se mueva lo sustentará la punta de la tijera, y observareis que el centro de gravedad viene á buscar la línea á plomo que va de la punta de la tijera abajo. Aunque pongais la punta de la tijera en el mismo borde de la mesa sucederá lo mismo como no resbale. La razon de la esperiencia está en la razon de la ley.

Si el ángulo *man* no fuere agudo nada se consigue, porque para venir el centro de gravedad á buscar la línea del plomo se queda la tijera inclinada hácia abajo, y la punta no queda levantada hácia arriba, y por esto el pico no puede prender.

ETG. — Os protesto que me habeis deleitado en extremo.

TEOD. — Ahora quiero haceros arquitecto en cuatro palabras, y puesto que sabeis todo lo que pertenece á la solidez de los cuerpos y al centro de gravedad; voy á daros los principios elementales de la arquitectura, ó arte de edificar que se funda en las siguientes proposiciones.

PROPOSICION PRIMERA. *Toda columna, si fuere igual en todo y puesta á plomo, es capaz de sustentar un peso infinito.*

La razon es, porque siendo en todo igual, y estando á plomo, no hay motivo para que blandee mas á una parte que á otra. Luego solo puede ceder al peso, penetrándose con el pavimento (el que se supone firmísimo), ó compenetrándose las partes de la columna superiores con sus inferiores, lo que es imposible.

I^a *Consecuencia.* De aquí se sigue que cuanto mas alta sea la columna hay mas peligro de que falte, porque es mas facil que no sea en todas sus partes igual, y si tuviere alguna que sea debil por allí se puede arruinar; por consiguiente *cuanto mas corta sea la columna es mas segura.*

ETG. — Por esta razon sin duda los mosquitos y las moscas de caballo con aguijon delicadísimo penetran el cuero del buey y del caballo, porque usan de él, sacándole muy poco á poco de la vaina; de suerte que la parte desenvainada por ser cortísima es fortísima.

TEOD. — II^a *Consecuencia.* *La columna cuanto mas ancha es mas segura.*

La razon se infiere de lo dicho, porque siendo mas ancha se considera divisible en muchas mas columnas; y aunque alguna sea desigual, y por esa parte flaquee, podrá hallarse en toda la anchura una columna que sea bien igual, y esta sustentará el peso que las laterales no sustentarian.

PROPOSICION SEGUNDA. *La columna que no está á plomo sustenta mucho menos que si lo estuviese.*

De dos modos se puede impedir que un cuerpo baje (Fig. 56.); el uno es, porque su solidez é impenetrabilidad con el suelo lo detiene, como A; el

otro como B es, porque la union del cuerpo *m* á

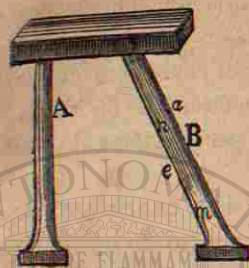


Fig. 56.

otro *n*, que está seguro, le impide que caiga: el primer modo es mas firme que el segundo, porque habiendo fuerzas en la naturaleza para deshacer la union de *m* con *n*, no las hay para compenetrar unas partes con otras. En esta suposicion, estando á plomo la columna se sostiene, porque no puede caer sin compenetrarse con el suelo; pero estando fuera de plomo se sostiene, porque *m*, parte superior de la columna que sustenta el peso, está unida á la parte inferior *n*; pues bien se ve que *n* no toca en el suelo ó pavimento, y *m* no toca en la máquina superior. La linea vertical *ae* divide la parte que toca en el peso de la parte que se afirma en el pavimento; pero la union de las partes de la materia nunca es, como dije, tan fuerte como su solidez y su impenetrabilidad.

I^a Consecuencia. Cuando la columna se desvía mas del plomo es mas debil.



Fig. 57.

La razon es, porque la linea vertical *ea* que desde un ángulo de la basa (Fig. 57.) va á plomo hácia arriba, y divide la parte que pertenece al peso de la

parte que se apoya en el suelo, es mucho mas corta en D que en C, que está menos inclinada: de aquí proviene, que para caer la parte superior *m* solo la falta que falte la union con *n* en el espacio que va de *a* hasta *e*; pero bien se ve que mas costará romper esta union por una linea mas larga, como en C, que en una linea mas corta como en D.

II^a Cuanto mas inclinado estuviere la columna, mas fuerte empuje debe tener en la base para que esta no huya.

La razon de esta consecuencia es muy clara, porque estando la columna á plomo hace toda la fuerza contra el cimiento que se supone inmovil; en dividiéndose del plomo se disminuye la accion de la columna hácia el suelo, y por consiguiente tiene accion contra los lados; luego es preciso asegurar estos con buenos empujes ó apoyos para que no huyan.

III^a Con igual inclinacion mas sustenta una columna de madera que una de piedra.

La razon es, porque las fibras de la madera todas tiran á lo largo de la viga; y así para separar *m* de *n* (Fig. 57.) es preciso cortar muchas fibras: mas en la piedra no se hallan estas fibras á lo largo de la columna, y es tan facil partir por una linea como por otra.

PROPOSICION TERCERA. La columna de piedra, compuesta de muchas piezas horizontales es mas segura que si fuera enteriza.

Supongamos (Fig. 58.) que A está formada de muchas piezas horizontales, y que B es enteriza. Por la desigualdad en la constitucion de las partes de la

pedra puede suceder que estalle ó abra una hienda



Fig. 58.

oblicua *mn*; entonces queda la parte superior de la columna desamparada y en falso. Hagamos la misma suposicion en la columna A, y que esta estalla oblicuamente por una pieza; la hienda no se comunicará á la pieza inferior, como sucedería si todo fuese una piedra.

SILV. — Tambien en esta columna de piezas puede haber una hienda que pase de un lado á otro como en la linea *oe*, y entonces habrá el mismo peligro que en la columna B.

TEOD. — Respondo que no es tan facil estallar una columna con el peso por una linea demasiado horizontal, y aun en este caso la linea, la que nunca es por igual, sino que tiene siempre sus dientes, por ser muy horizontal impediria que una parte se separase de la otra; y así como la separacion horizontal, y lisa ó igual de las diferentes piezas de la columna, no facilita que una huya de la otra por estar horizontal, mucho menos la separacion con dientes y concavidades, siendo muy horizontal, permitirá que una parte pueda huir de la otra y caer.

PROPOSICION CUARTA. *Dos columnas mutuamente inclinadas sustentan el peso superior.*

La razon es, porque se impiden recíprocamente para caer, y por este medio vienen á quedar firmes. (Fig. 59.)

Mas advierto, que cada una de ellas estando inclinada solamente sostiene el peso en virtud de la

union que tiene la porcion superior *m* con la inferior *n*, la cual union es mas ó menos fuerte, segun se ha dicho en la (prop. 2, y consec.), conforme fuere mas ó menos larga la linea, tirada desde la raiz de la base á plomo. Es decir.

I^a *Consecuencia.* Las columnas, mutuamente inclinadas, sostienen mas cuando la inclinacion es menor.



Fig. 59.

II^a De aquí se saca la razon por qué en las ruedas de los coches, etc., los rayos que van del eje hácia abajo no caen á plomo, sino mutuamente inclinados, porque de esa suerte puedan bien sustentan el peso (Fig. 60.)

Ahora si se pregunta la razon por qué los rayos se forman de esta manera, y no perpendiculares al eje, ni á plomo respecto del suelo, es esta que voy á explicar. Si la rueda tuviese los rayos perpendi-

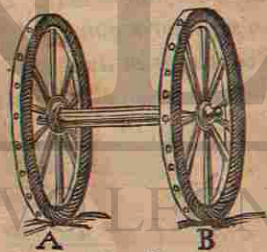


Fig. 60.

ales al eje y al suelo, como parece á primera vista que debiera ser, en levantándose una rueda A cargaria todo el peso sobre la otra B, y en esta el rayo inferior, sobre que vendria este peso, se hallaria inclinado como toda la rueda, é inclinado hácia fuera; de suerte que era muy facil romperse este

rayo, quebrarse la rueda, etc. Pero haciendo las ruedas con los rayos inclinados hácia dentro, cuando una rueda pasa por encima de una piedra la otra queda inclinada; pero el rayo inferior se queda á plomo, y entonces aunque todo el peso cargase sobre él no se quiebra. Por esto cuanto mayores son los obstáculos y desigualdades que se temen, mayor debe ser la inclinacion de los rayos. Porque estando derecho el carruage poco peligro corre de quebrarse los rayos aunque inclinados, no solo porque mutuamente se sostienen, sino tambien porque todo el peso se reparte en ambas ruedas; todo el peligro está en que el eje se levante de una parte, porque entonces la rueda que lleva el peso, y antes estaba á plomo, se queda inclinada; pero con este remedio los rayos que antes estaban inclinados ahora se quedan á plomo.

PROPOSICION QUINTA. *Las bóvedas sustentan el peso superior segun las leyes que hemos dado para las columnas mutuamente inclinadas* (Fig. 61.).

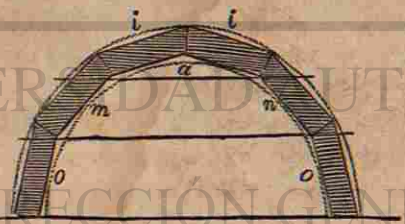


Fig. 61.

La razon es, porque como la bóveda se viene inclinando de los lados hasta cerrar en el medio, podemos considerar la bóveda como dividida en muchas porciones horizontales, y las líneas curvas consideradas como líneas rectas mas ó menos inclina-

das; en el cierre *a* las dos columnas *ii* se tocan y sostienen mutuamente: en la segunda porcion ó division las dos columnas *mn* se sostienen y apoyan en las primeras *ii* para no caer hácia adentro; y las columnas de la tercera division *oo* se apoyan en las segundas para no caer, etc. Si queremos considerar la accion del peso que sobre ellas carga, digo que el peso sobre el cierre hace la fuerza en las primeras columnas *ii*, [cuya base oprime á las segundas *mn*, estas oprimen á las otras *oo*, y finalmente *oo* oprimen el suelo. De esta doctrina sale, como naturales consecuencias, todo cuanto se observa acerca de las bóvedas.

EUG. — ¿Y cuales son estas consecuencias?

TEOD. — Helas aquí.

I^a *Consecuencia.* Si solamente cargamos sobre el cierre de la bóveda en el punto *a* fácilmente se puede arruinar.

La razon es, porque cargando este peso solamente en *a*, impele las columnas *ii* hácia los lados, y fácilmente se pueden levantar, y salir hácia afuera los ángulos que estas forman con las columnas *mn*, y caerá por tierra el cierre *a*, pues sus esquinas no tienen quien las asegure ó impida que se levanten y salgan hácia afuera: y por esto, en la esperiencia del huevo, si no se le ponen las almohadillas luego se quiebra, porque carga el peso solamente sobre el cierre.

II^a *Si cargamos no solo el cierre de la bóveda, sino tambien los lados de ella, quedará segurísima.*

Por cuanto en este caso las columnas *ii* tienen toda su accion contra las columnas vecinas *mn*, y

estas no pueden huir porque el peso las asegura en los ángulos ó esquinas. Veis aquí por qué no se quiebre el huevo apretado en las manos, ni aun en la prensa, teniendo almohadillas que ciñan una buena parte de él.

IIIª *Cuanto mas baja ó abatida es la bóveda, será menos segura.*

Supuesto lo que dijimos de las columnas mutuamente inclinadas, es muy evidente esta consecuencia; porque en la bóveda abatida todas las porciones de ella, que consideramos como columnas, están mucho mas inclinadas que en la que toma mayor vuelta. Esta es la razon por qué el huevo por las puntas resiste mucho, y por el ancho luego se quiebra; porque puesto á lo largo es una bóveda de vuelta grande, y por el medio muy abatida, y en el diámetro grande MN (Fig. 62.) las bases de las bóvedas superior é inferior



Fig. 62.

IVª *Las bóvedas abatidas, si las bases no hallan empujes suficientes, fácilmente se arruinan (Fig. 63.).*



Fig. 63.

no tienen quien las sujete y sostenga, y por esto al menor esfuerzo MN salen hácia fuera, y los dos cierres superior é inferior AO entran hácia dentro, y todo se quiebra.

La razon tambien es facil, porque no habiendo bue-

nos encontros en MN, el peso que carga sobre la bóveda hace que huyan hácia fuera las dos basas MN; y si estas huyen cae la clave ó el cierre, y todo se arruina como se dijo hablando de las columnas inclinadas.

Vª *La bóveda formada de muchas piezas es mas segura que la enteriza y la de pocas piezas (Fig. 64.).*

La vista sola de la figura hace ver la razon, y es la misma que di hablando de las columnas. Si la piedra enteriza A estalla con el peso, se abrirá

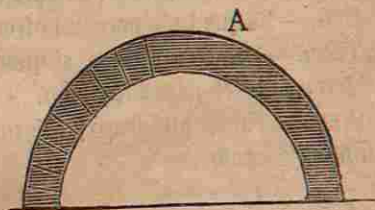


Fig. 64.

la bóveda como se representa, y entonces viene á tierra la clave por no haber cosa que la sostenga; pero en la parte opuesta, donde la bóveda se representa compuesta de muchos pedazos puestos como conviene, si uno ó muchos estallan, como la hienda no se comunica á las piedras ó ladrillos inmediatos, siempre queda la pieza que se abrió tan segura como las enteras, porque ninguna de estas partes puede caer por asegurarse todas mutuamente.

Aquí teneis en suma las consecuencias mas obvias que me ocurrieron sobre la doctrina de la solidez de los cuerpos y centro de gravedad: puede ser que todo esto sea para vos doctrina superflua; no obstante, acaso no supierais reducirla á los principios de la física mas simples y fundamentales, lo que es muy conveniente. Debemos saber las cosas, y el por

qué de lo que se sabe, en cuanto se puede alcanzar; esto se llama saber la mecánica, lo demás es ser un pobre cantero. Y basta por hoy, amigos, mañana os explicaré las leyes y mecanismo de las máquinas más usuales de que se valen los hombres en sus trabajos para doblar sus fuerzas.

EUG. — Ya me gustará este asunto.

SILV. — ¿Quisiera saber cuando no es Pascua?

EUG. — Es que todo para mí ofrece interés.

TEOD. — Vámonos juntos, si quereis, á ver á un vecino que no lo pasa muy bien.

SILV. — Vamos allá acaso yo le pueda ser útil con un buen consejo.



TARDE CUARTA.

TRATASE DE LAS MAQUINAS QUE AUMENTAN LAS FUERZAS DEL HOMBRE EN SUS QUEHACERES, Y DE LOS DIFERENTES MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS SOLIDOS.

§ I.

Trátase de la palanca y de la balanza comun.

TEOD. — ¿Que tal, Eugenio? ¿Cómo habeis digerido las cosas de que hablamos ayer tarde?

EUG. — Bien : os aseguro que mi entendimiento las ha soportado bien, pues todas fueron aplicaciones de principios ya establecidos que no tengo olvidados y versaron sobre objetos vulgares y conocidos.

TEOD. — Apostaría que acudis con deseos de saber más.

EUG. — Y no andais equivocado : tanto más cuanto ya puedo lucirme en alguna parte explicando la razón de fenómenos que días atrás ignoraba, y ser útil á mí mismo y á mis semejantes, con mi instrucción : y para que lo veais os hago saber que penetrado mi amigo de las razones que le he dado sobre

qué de lo que se sabe, en cuanto se puede alcanzar; esto se llama saber la mecánica, lo demás es ser un pobre cantero. Y basta por hoy, amigos, mañana os explicaré las leyes y mecanismo de las máquinas más usuales de que se valen los hombres en sus trabajos para doblar sus fuerzas.

EUG. — Ya me gustará este asunto.

SILV. — ¿Quisiera saber cuando no es Pascua?

EUG. — Es que todo para mí ofrece interés.

TEOD. — Vámonos juntos, si queréis, á ver á un vecino que no lo pasa muy bien.

SILV. — Vamos allá acaso yo le pueda ser útil con un buen consejo.



TARDE CUARTA.

TRATASE DE LAS MAQUINAS QUE AUMENTAN LAS FUERZAS DEL HOMBRE EN SUS QUEHACERES, Y DE LOS DIFERENTES MOVIMIENTOS DE LOS CUERPOS SOLIDOS.

§ I.

Trátase de la palanca y de la balanza comun.

TEOD. — ¿Que tal, Eugenio? ¿Cómo habeis digerido las cosas de que hablamos ayer tarde?

EUG. — Bien : os aseguro que mi entendimiento las ha soportado bien, pues todas fueron aplicaciones de principios ya establecidos que no tengo olvidados y versaron sobre objetos vulgares y conocidos.

TEOD. — Apostaría que acudis con deseos de saber más.

EUG. — Y no andais equivocado : tanto más cuanto ya puedo lucirme en alguna parte explicando la razón de fenómenos que días atrás ignoraba, y ser útil á mí mismo y á mis semejantes, con mi instrucción : y para que lo veais os hago saber que penetrado mi amigo de las razones que le he dado sobre

las barras de su jardín, hoy mismo ha mandado construir la reja segun los principios de la física.

TEOD. — Bravo, amigo, ya veo que sabeis aprovechar fructuosamente mis lecciones : ¡ah! si no me engaño ha llegado ya nuestro conferenciante : creo que está en la sala.

SILV. — Continudad con vuestra conversacion que no os quiero interrumpir. Supongo que pasasteis bien la noche ; yo la he pasado sin novedad y basta esto para satisfacer la costumbre política.

EUG. — Me gusta esto : queda satisfecha la obligacion, son escusadas mas ceremonias : id pues siguiendo, Teodosio.

TEOD. — He determinado hablar hoy de las máquinas mas usuales, de que se sirven para sus quehaceres los hombres, y voy á empezar por la que tenemos delante de los ojos.

EUG. — ¿Qué máquina es?

TEOD. — ¿No veis esos hombres que estan arrancando piedra de aquella cantera? Pues ¿cómo podrían mover tan grandes piedras sino valiéndose de máquinas que son las palancas de que usan? Vámonos allá y veremos como trabajan : de este modo examinaremos de mas cerca los objetos. Mirad ; esto es una palanca (Fig. 65). Esta piedra grande bien



Fig. 65.

veis que yo solo no la puedo mover ; pero esperad

que la quiero mover con la palanca ; para esto es preciso calzarla ; esto es, meterle debajo esta piedra, ó como vulgarmente se llama este calzo *b*. Entre los físicos lleva el nombre de *punto de apoyo*. Notad que la fuerza que la mueve está en una estremidad, la resistencia ó la piedra en otra, y el punto de apoyo en el centro : toda palanca que esté en esta disposicion se llama de *primera especie*.

EUG. — Ya lo entiendo ; ¿y cuantas arrobas tendrá esta piedra que quereis mover? ¿Para ver cuanto se aumenta la fuerza humana con la palanca?

TEOD. — Supongamos que tiene ocho arrobas : vamos ahora á hacer la cuenta para ver si la puedo levantar. La piedra grande tiene como suponemos ocho arrobas, ¿y qué velocidad tendrá cuando se moviere?

EUG. — ¿Para esto he de medir la distancia que tiene la piedra chica?

TEOD. — Sí : porque conforme fuere esta distancia, así ha de ser el arco que ha de hacer la punta de la palanca que está debajo de la piedra.

EUG. — Yo la mido por mi mano..... : dista un palmo.

TEOD. — Multiplicad ahora un palmo por ocho arrobas.

EUG. — Una vez ocho son ocho : visto esto tenemos en la piedra grande ocho grados de movimiento.

TEOD. — Vamos ahora á computar los grados de movimiento que hay en la otra parte ; la mano cargando vale lo mismo que dos arrobas puestas ahí, como suponemos.

EUG. — Pues la distancia de la mano hasta la piedra chica es de cuatro palmos; multiplicando ahora la distancia por el peso tenemos ocho grados de movimiento, porque dos veces cuatro son ocho, que es el mismo número de grados de movimiento que hay de la otra parte.

TEOD. — Por esa cuenta bien veis que quedan la piedra y mi mano en equilibrio: por tanto, á poco mas que cargue de lo que cargarían dos arrobas si aquí estuviesen, ya levanto la piedra: hé aquí, ahí va: ¿veis?

EUG. — Bien lo veo: no os canséis mas, porque esto es para manos mas ásperas que las vuestras. Pero decidme: ¿y cuál es la razón por qué estos hombres, luego que la piedra se ha levantado algun tanto, le meten la piedrecita mas hácia dentro? Bien veis que ellos así lo hacen sin saber física.

TEOD. — Es por la misma razón; porque cuanto mas llegado está el calzo hácia la punta de la palanca, tanto mas se aumenta la fuerza. Suponed que la piedrecita que pusimos distante solo un palmo de lo último de la palanca la poníamos aquí en *d* distancia de dos palmos; ya las ocho arrobas multiplicadas por distancia de dos palmos daban diez y seis grados de movimiento, y de la otra parte estaba la mano solo en tres palmos de distancia, los cuales si los multiplicásemos por dos arrobas que valdrá mi fuerza hacen solo seis grados, porque dos veces tres suman seis, con que tenemos de la parte de la piedra diez y seis grados de movimiento, y de la parte de la mano solo seis: ved como podré yo levantar la piedra.

EUG. — Así es; pero apostaré yo que estos hombres, haciendo toda esa diligencia de llegar la piedrecita cada vez mas hácia dentro, no saben la razón de esto.

SILV. — A estos hombres les basta la esperiencia. Pero tengo una duda contra esto, Teodosio, y es que allá estan otros hombres mas adelante trabajando con palancas; no usan de esas piedrecitas, y en vez de cargar con la mano hácia abajo hacen fuerza hácia arriba: vamos llegando, y vereis esto de cerca (Fig. 66).

TEOD. — Es otro modo de usar de la palanca aun mas util que el que



Fig. 66.

ya os expliqué, pero se fundan en los mismos principios. Mirad: la palanca está fija en la punta *a* que está en el suelo: ahí tiene su punto de apoyo; el peso ó resistencia está distante de esa estremidad fija un palmo solo, segun de aquí parece: la mano del cantero ó potencia suponemos que dista de la estremidad *a* cinco palmos; este será poco mas ó menos el largo de la palanca, la cual en razón de su disposición se llama de *segunda especie*, he aquí tenemos diversas velocidades en el peso y en la mano, así como sucedía en la palanca trabajando con ella del otro modo; y de aquí resulta poder la mano levantar un gran peso. Si quereis ver esto claramente haced las cuentas como os he explicado. Supongamos que la piedra

pesa diez arrobas, que la fuerza del hombre equivale á dos; para medir las velocidades no es preciso mas que medir las distancias del peso y de la mano al eje ó centro del movimiento, que es la punta *a* de la palanca.

EUCL. — Si la piedra tiene diez arrobas de peso y está en distancia de un palmo, solo tiene diez grados de movimiento, porque una vez diez son diez: vamos ahora á contar los grados de movimiento que hay en la mano; la fuerza del hombre vale dos arrobas, tiene cinco palmos de distancia hasta el centro del movimiento, que como decís es la otra estremidad *a*; si multiplicáremos dos arrobas por cinco palmos salen diez grados de movimiento, que son otros tantos como los que tenemos en la piedra.

TEOD. — Luego cualquiera fuerza mas que ponga el hombre ya levanta diez arrobas; y antes usando de la palanca como yo usé, dando tambien el mismo valor á mi fuerza, no podia levantar mas que ocho arrobas.

SILV. — Pues si la palanca es del mismo tamaño, y la mano tiene la misma fuerza, ¿por qué puede ahora levantar diez y entonces solo ocho?

TEOD. — La razon de la diferencia es bien facil. No veis, mi doctor, que ahora cuando (Fig. 66) la mano se va levantando estriba la palanca en la punta *a*, que dista de la mano cinco palmos, y antes (Fig. 65) estribaba sobre la piedra chica *b*, la cual solo distaba cuatro palmos de mi mano, pues como en un caso la distancia de la mano al centro del movimiento es mayor que en el otro, por eso tiene ma-

yor velocidad y mas grados de movimiento. Centro de movimiento llamo á aquella parte de la palanca que queda fija cuando las otras se mueven: esto es el punto de apoyo.

EUCL. — Lo que mas me admira es ver como todas estas cosas concuerdan entre sí.

TEOD. — ¿Cómo no han de concordar, si todas nacen de un mismo principio? Aun no habeis visto todo lo que hay en esta materia, que entonces os admiraria mas. De tal suerte puedo yo usar de la palanca, que en vez de aumentar la fuerza se disminuya. Supongamos que con vuestra mano podeis levantar dos arrobas: si cogiéreis aquella palanca (Fig. 67), y poniendo fija en el suelo una estremidad *a*, atareis en la otra punta un peso de dos arrobas, no podreis levantar ese peso; porque su-



Fig. 67.

pongamos que poneis la mano en tres palmos de distancia de la estremidad fija, tiene la mano seis grados de movimiento, porque la fuerza equivale á dos arrobas, las cuales multiplicadas por tres palmos de distancia dan seis grados de movimiento. Hagamos ahora la misma cuenta al peso: él pesa dos arrobas, tendrá seis palmos de distancia en la estremidad fija, sale el producto de doce grados de movimiento: ved ahora como teniendo la mano solo seis grados de movimiento podrá levantar el peso, que si se levantase tendria doce. Notad que

esta palanca tiene el punto de apoyo y la resistencia en los cabos y la potencia en el centro, por lo cual es de *tercera especie*.

EUG. — Ya veo que no se ha de usar así de esa máquina, porque no es útil.

SILV. — Ya que llegamos á este punto habeis de darme la razon allá por vuestra fisica de una esperiencia bien trivial, y es que pudiendo cualquier persona levantar con facilidad una espada tomándola por el puño, le cuesta mucho levantarla cogiéndola por la punta.

EUG. — Aun no habia reparado en eso : ahí va Teodosio, mi espada, que quiero ver esto y saber la razon.

TEOD. — Para que no gastemos tiempo hago yo la esperiencia, y doy la razon (Fig. 68). La espada aquí es u-

na especie de palanca de primera especie ;

el dedo índice es como el centro del movimiento, y el dedo pulgar es el que hace toda la fuerza cargando hácia abajo, para que el puño se levante hácia arriba : mientras que el dedo pulgar anda un pequeño espacio, el puño de la espada ha de levantarse por un espacio grande, porque el dedo pulgar dista muy poco del centro del movimiento que consideramos sobre el dedo índice, y el puño dista mucho, y así tiene el peso mucho mayor velocidad que el dedo pulgar ; y por buena cuenta se disminuye



Fig. 68.

la fuerza, como vimos en la palanca en el último modo de usar de ella.

EUG. — Supuesto lo que habeis dicho queda clara la razon.

TEOD. — Vamos continuando nuestra esplicacion sobre las máquinas, y ya que os he espuesto la mas simple y á la que tal vez se pueden reducir todas pasemos á la balanza comun.

SILV. — Admiracion me causa lo que acabais de decir y lo que os proponéis ; pues siendo la balanza comun una pieza tan vulgar, y su uso tan sabido, no esperaba que sobre esta materia dijeseis cosa que mereciese atencion.

TEOD. — No doy lo que digo por invento ó descubrimiento, sino por fruto de madura reflexion, útil á Eugenio y á cualquier otro particular, sea ó no cosa nueva ; porque desgracia seria si para decir alguna cosa de fisica necesitase andar examinando cuanto se ha dicho en esta materia, para saber si lo habia de dar como cosa mia ó de otros. Dios me libre de perder en eso el tiempo. Digo lo que me ocurre como verdadero y útil, esté ó no dicho por otros ; no vendo el barniz de la novedad, me contento con el mérito y valor intrínseco de las verdades. Estad advertido de esto una vez para siempre, y entremos en materia : estando la balanza en su nivel, está claro que los pesos iguales de una y otra parte se impiden enteramente, y no se mueve la balanza ; pero si la balanza se inclina con la mano, parece que dejándola no podrá levantarse por sí misma, ni restituirse al equilibrio ; porque el brazo levantado no pesa mas que el abatido ; siempre es

igual en el peso, y siempre igual no puede mover al otro su igual; pero ademas de esto la lengüeta ó fiel de la balanza ya inclina á la parte del trozo que bajó, y tambien hace peso; luego seria natural que el brazo abatido cayese del todo, pues tiene á su favor el peso de la lengüeta. Vemos no obstante lo contrario, y observamos que el brazo levantado lleva tras de si al otro su igual con todo el peso de la lengüeta ó fiel.

Para entender esta dificultad no necesitais sino lo que ya llevamos espuesto. En las balanzas hay un eje debajo muy agudo, que rueda sobre el corte ó ángulo agudo, con el fin de que pueda la balanza, sin rozar, inclinarse ya á un lado y ya á otro (Fig. 69). De suerte que esta pieza no es redonda



Fig. 69.

como se piensa vulgarmente al modo del eje de una rueda, sino cortada en figura de corazon agudo. Debe ser de acero templado para que se conserve agudo, y ha de rodar sobre una pieza lisa y pulida para evitar el menor embarazo del movimiento. En esta suposicion el ángulo ó corte del eje es el centro del movimiento de la balanza, el cual puede estar mas arriba ó mas abajo.

Pero el centro de gravedad no es el centro del movimiento, y así estará en donde le pongan las circunstancias de la figura y forma de la balanza. Puede estar mas abajo del centro del movimiento ó mas arriba, ó confundido con el (Fig. 70). Si está debajo la balanza ha de buscar naturalmente su equilibrio, porque el centro de gravedad describe

un arco y sube; pero despues ha de caer hasta que pare en la linea que viene á plomo del punto fijo, que siempre es el centro del movimiento. Cuando el centro pues de gravedad queda á plomo en la

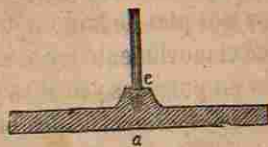


Fig. 70.

linea que viene del eje, la balanza deberá quedar horizontal. Pero si el centro de gravedad quedare sobre el centro del movimiento, entonces apenas saquemos la balanza de la situacion horizontal saldrá el centro de la linea del plomo, describiendo un arco convexo alrededor del centro del movimiento, y caerá, y cada vez se apartará mas de la linea á plomo; y por esto no se podrá jamás levantar la balanza.

Supongamos ahora que el centro de gravedad a coincide con el centro del movimiento: en este caso se quedará la balanza como la pusieren, inclinada ú horizontal, y no mudará por sí misma de postura, porque siempre estará sostenido del centro de gravedad, que es el que gobierna el movimiento de todo cuerpo que cae.

ERG. — Esto supuesto me parece que tengo ya el modo de formar una balanza delicada y exacta, aunque el oficial no sepa las leyes de la mecánica en que se funda la teoría de la balanza.

TEOD. — Yo he formado algunas de madera tan delicadas, que me servia de ellas para pesar el aire; y no es facil que esten mucho tiempo quietas, porque una mosca que llegue basta para hacerlas ba-

lançar largo rato. Hago la balanza de nogal ó ce-rezo, palo ligero, y que se puede trabajar bien: le doy dos pies de largo ó tres palmos, con el fin de que el movimiento sea sensible: reparto los dos brazos en pulgadas y medias pulgadas para servirme en varias esperiencias: los brazos por arriba son lisos, y hacen una linea recta (Fig. 71), para poner en

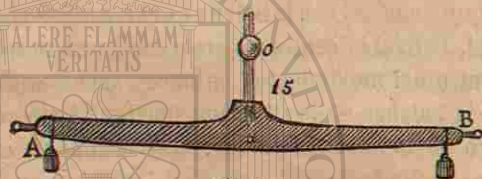


Fig. 71.

ellos los pesos de laton que tienen el fondo chato: mas por debajo conviene que la balanza tenga su curvatura ó comba, para que no obstante la lengua ó fiel que está superior venga el centro de gravedad á estar debajo del eje, ó del centro del movimiento, bien que para que la balanza sea delicada conviene que diste poco del centro del movimiento; y para que sea justa que no se aparte hácia los lados de la linea que baja á plomo desde el eje abajo. Principio, pues, por hacer justa la balanza, esto es, de modo que dejada á sí misma esten los brazos en equilibrio perfectísimo, y la lengüeta á plomo, para esto pongo en las estremidades dos husillos ó tornillos AB, cuyas cabezas ya salen mas hácia fuera, ya se recogen, y de este modo hago mudarse el centro de gravedad ya hácia un lado y hácia otro, hasta quedar exactamente en el medio. Para hacer la balanza

mas delicada tengo en la lengüeta ó en el fiel la bolita *o*, ó cualquier otro cuerpo que ande alrededor en el astil de la lengüeta, que es de rosca, de suerte que ya baja ó ya sube, y de este modo hago bajar y subir el centro de gravedad. Aquí veo que si el centro pasa sobre el eje se inclina la balanza, cae luego, y no se levanta por sí mismo: esto sucede cuando la bola *a* sube demasiado: cuando la voy dejando poco á poco hallo el punto en que el centro de gravedad coincide con el del movimiento, y entonces se queda la balanza como se quiera sin caer ni levantarse. Pero si la bolita *o* descende mas, entonces la balanza busca por sí misma el equilibrio; y cuanto mas se baje la bola *o* mas de prisa se mueve, y las oscilaciones de la balanza son mas prontas; pero cuanto mas prontas sean será la balanza menos delicada. La delicadeza y sensibilidad de la balanza se conoce en que esta se mueve despacio para buscar su equilibrio. Se supone que el eje es muy agudo, y no roza por parte alguna.

ERG. — Esta última proposicion me admira por ver algunas balanzas de bonita hechura, pulidas y pequenitas, que se tienen por muy sensibles y de pronto movimiento.

TEOD. — Haced la esperiencia, y vereis que mi balanza hecha de palo, como os digo, os dará un movimiento mucho mayor con un peso ligero; y es mas sensible que algunas de esas balanzas tenidas y reputadas por muy sensibles, pero que no estaban hechas como debia ser. Sean grandes ó pequenitas deben balancear muy lentamente para ser delicadas y sensibles.

EUG. — Dadme la demostracion.

TEOD. — Supongamos una regla horizontal con otra clavada en la forma de una T, (Fig. 72) en cuyo pie se ponga *m*, con el fin de representar el centro de gravedad en esta máquina. El centro del movimiento es el clavo *o* por donde todo se sostiene: si pusiéremos un pesito *a* en la estremidad de un brazo, este arrojará al peso *m* fuera de la línea á plomo, y le hará subir describiendo una porcion de arco. Para que el pesito *a* baje, é incline la balanza hasta *o*, es preciso que el centro de gravedad *m* suba hasta *n*; pero si el centro de gravedad estuviese mas cerca *m* del centro del movimiento *b*, si estuviese v. g. en *e*, entonces para dar á la balanza la inclinacion que se desea basta menos movimiento, y mucho menos si el centro de gravedad estuviese en *i*; de suerte que cuanto mas distare el centro de gravedad *m* del centro del movimiento *b*, tanto mayor peso será preciso poner en *a* para dar á la balanza la inclinacion *ho*. Y por consiguiente un peso muy ligero en *a* podrá inclinar la balanza como se desea, si el centro de gravedad estuviese muy cerca del movimiento. Ve aquí por que estando la balanza construida de este modo basta un peso levisimo para inclinarla mucho. La lentitud de su movimiento proviene de que estando el centro de gravedad mas lejos del centro fijo, tiene mas fuerza para descender y mayor velocidad, como sucede en la balanza y

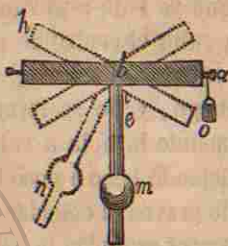


Fig. 72.

otras cosas semejantes; y no debe admirarse que estando mas libre este centro de gravedad, y teniendo mayor velocidad y fuerza, haga mover la balanza mas de priesa.

Ultimamente, para conocer bien el peso, por minimo que sea, se puede poner encima un arco de laton graduado, que corresponda al movimiento de la lengüeta ó fiel de la balanza: en él se conocerá con certeza el punto adonde llega la inclinacion de la balanza en tal ó tal peso, y con paciencia se podrá graduar esta porcion de arco, de modo que se conozca el peso que inclina á la balanza. Sobre esta teórica de la balanza tuve la honra de ofrecer á nuestra academia real de las ciencias una Memoria, haciendo ver en mi balanza tal delicadeza, que con un grano de trigo daba el fiel en su arco una diferencia de mas de cuatro pulgadas.

EUG. — Es mucha perfeccion ¿y cómo habeis llegado á obtenerla?

TEOD. — Os lo voy á enseñar y os entretendré ahora en ella sobre una máquina que muestra la teórica de la balanza ordinaria en orden á su perfeccion y sensibilidad.

Siendo la balanza ordinaria la máquina mas sencilla de la estática, y la que con mas frecuencia se usa, cuando los artífices las trabajan suelen formarlas á lo que salga por no saber la teórica que debe regular su perfeccion, y por esto me ha parecido conveniente formar una en que se vea con evidencia el principio de donde nace su perfeccion y sensibilidad, y por consiguiente la solucion de varias cuestiones que pueden servir de embarazo á los que

no supieren la verdadera teórica. Estas cuestiones son :

1. Por qué razon se restituye la balanza á su nivel, siendo preciso para esto que el brazo que subió tenga fuerza suficiente para levantar no solo el peso igual del brazo que baja , sino tambien el peso del fiel que cae hácia aquella parte.

2. Por qué el brazo de algunas balanzas así que le sacan del nivel se precipita luego , y no se restituye.

3. Por qué aquel mismo brazo que parece inutil, si le cuelgan peso conveniente queda bueno y se restituye.

4. Por qué razon cualquier balanza bien hecha , teniendo en una parte mayor peso que en la otra, solamente se inclina hasta un cierto grado proporcionado al peso, de suerte que para en él; y si la inclinan mas ó menos siempre busca la primera inclinacion.

5. Por qué razon el mismo peso, puesto en la misma distancia, da mayor inclinacion á una balanza que á otra, que es lo mismo que preguntar de donde nace la sensibilidad de la balanza.

6. Por qué razon unas balanzas se restituyen á su nivel con vibraciones mas veloces que otras.

7. Por qué las balanzas mas sensibles tienen las vibraciones mas espaciosas.

8. Como puede conducir para la sensibilidad de una balanza colgar los pesos en puntos mas ó menos llegados á la superficie superior del brazo.

9. Cómo se podrá dar á cualquier balanza que

sea poco sensible mayor sensibilidad sin quitar ni aumentar materia.

10. Cómo se puede reducir prontamente al equilibrio una balanza sin que se quite ó aumente peso alguno en sus brazos.

La solucion de estas cuestiones , que despues reduciré á la práctica , depende de un principio sabido que conviene aplicar al caso presente. Este principio es: *el centro de la gravedad de un cuerpo siempre que está sustentado no se mueve él, ni tampoco el cuerpo, pero si no está sustentado baja, y el cuerpo total se mueve.* Ahora bien , en la balanza ó este centro de la gravedad coincide con el eje , que es el centro del movimiento, ó cae mas arriba ó mas abajo. En estos tres casos vemos tres efectos.

En el primero, cuando los dos centros coinciden se queda la balanza inmóvil en cualquier situacion que la pongan ; porque estando entonces sostenido el centro de gravedad, así como lo está el centro del movimiento, no puede la balanza caer ni dar movimiento.

En el segundo caso en que el centro de gravedad cae mas arriba del eje, así que la balanza sale del nivel se precipita y cae del todo ; porque saliendo del nivel el brazo sale el centro de la gravedad del plomo en que estaba mas arriba del eje, y sale haciendo un arco convexo, que de ambas partes baja hácia los lados; y bajando el centro de gravedad por un arco convexo, debe caer del todo.

En el tercer caso, cuando el centro de gravedad está como debe ser, mas abajo del eje, aun cuando saquen la balanza del nivel se restituye por sí mis-

ma, porque el centro de gravedad sale del plomo haciendo un arco cóncavo que sube hácia arriba por ambos lados. Ahora pues, como el centro no está sostenido, debe caer y buscar el punto ínfimo del arco, que es el punto del plomo; y así que llega á él descansa, y el brazo queda en el nivel.

Ahora pues, para que el centro de la gravedad caiga así, esto es, mas abajo del eje, no obstante el fiel que pesa, y está mas arriba que él, nunca debemos poner el eje de la balanza en el medio de la anchura del brazo, sino algo mas arriba que hácia abajo. De este modo la mayor porcion de materia que cae hácia abajo del eje compensa el fiel que se queda arriba. Tambien se suele dar mayor anchura al brazo en la parte que queda debajo del eje para el mismo fin.

Esta doctrina se hace visible en la (Fig. 75.), to-

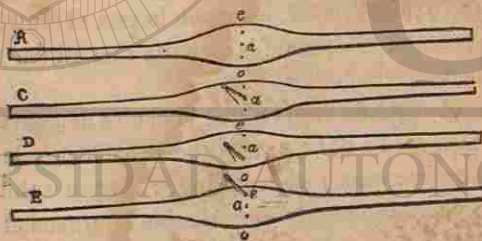


Fig. 75.

mando una regla R, y haciendo en el medio de ella tres agujeros, uno que está en el centro *a*, otro abajo *o*, y otro arriba *e*.

Si colgamos la regla C por el centro *a* se quedará inmóvil en cualquiera situacion que la demos, por-

que revolviéndose la regla, la materia que está alrededor del eje, si una porcion de ella *o* sube, otra igual *e* baja, y de este modo tanta fuerza viene para el brazo que bajó en la materia *e*, que estaba sobre el eje y descendió, como adquirió el otro brazo en la parte de materia *o* inferior al eje que subió, y de este modo siempre hay pesos iguales. Pero si colgamos la regla D por el agujero *o* que cae debajo del centro, así que inclinemos la regla se precipitará, porque la materia superior al eje es mas que la que está inferior; y si la de arriba pasa del perpendicular cayendo, la de abajo pasa por el perpendicular subiendo; mas como la que baja es mayor, cae del todo la regla. Ultimamente, si colgamos la regla E por el agujero *e* que está mas arriba del centro, aunque la inclinemos se restituye, porque en la inclinacion la materia que descende es muy poca; y así el brazo que subió tiene fuerza para mover y levantar al otro hasta ponerse en equilibrio.

De esta esplicacion sacamos este principio que dirige toda la teórica de las balanzas. *La distancia del centro de gravedad hácia abajo del centro de movimiento ó del eje es toda la causa de restituirse la balanza al nivel.* De este principio se sacan como consecuencias las soluciones de las preguntas que propuse antes.

Consecuencia primera. Luego cuando no hubiere distancia alguna de un centro á otro no hay causa que dé movimiento á la balanza, y esto sucede cuando los dos centros coinciden.

Segunda. Luego cuando esta distancia sea grande el movimiento será rápido, y si fuere muy pequeña

se restituirá la balanza con lentitud, porque la causa que tiene la fuerza de mover es causa menor.

Tercera. Luego poniéndose un peso en sola una parte irá el brazo inclinándose hasta cierto grado, porque en la inclinación del brazo el exceso de la materia que cae, inferior al eje respecto de la que queda arriba, va siendo cada vez mayor á proporción que la balanza se inclina; de donde nace que en llegando á igualar el peso que se puso en sola una parte se para la balanza, y quedan fuerzas iguales de una y otra parte.

Cuarta. Luego si este exceso de la materia que está debajo del eje, y que corresponde á la distancia que de él tiene el centro de la gravedad; si este exceso, digo, ó esta distancia fuere muy poca, también el peso que inclina la balanza puede ser muy pequeño, y cuando el exceso de la materia ó la distancia de los centros sea grande, será preciso mayor peso en una parte para dar esta inclinación á la balanza.

Quinta. Luego todo lo que haga mayor ó menor esta distancia de los dos centros hará mutación en la sensibilidad de la balanza. Es cierto que el centro del movimiento ó el eje no se puede fácilmente mudar en la balanza; pero podemos fácilmente mudar el centro de gravedad haciendo mover por el fiel arriba ó hacia abajo un botón de metal, por ser muy cierto que cualquier parte de materia que se mueva en un cuerpo lleva hacia aquella parte el centro de gravedad.

Sesta. Luego levantando ó bajando el botón del fiel haremos que una misma balanza haga unas veces vibraciones rápidas, otras veces muy lentas, sin

que haya diferencia en los pesos: veremos que tal vez el mismo peso puesto en la misma distancia ya le da un grado de inclinación, y ya 50 ó 40 y más. Veremos que si por casualidad se conciertan los dos centros, lo que es un poco difícil, queda la balanza inmóvil en cualquier situación que sea. Veremos que si el centro de gravedad se llega á poner encima del del movimiento, se precipita la balanza, y no se restituye al nivel. Veremos que habiendo perdido el equilibrio, si cuelgan de ella pesos convenientes se restituye; porque como se suponen los pesos en aquellos puntos en que se suspenden, estando estos puntos debajo de la línea que pasa por el eje, hacen descender el centro de gravedad, y se la quita á la balanza el defecto que tenía.

Séptima. Luego por la misma razón, en hallando una balanza cuyo brazo sin pesos no busque el nivel, sino que se precipita, en encorvándola un poco los brazos de suerte que queden más abajo que los puntos de suspensión, buscará por sí misma el nivel. Del mismo modo podemos hacer que pase el centro de gravedad de un brazo á otro, hasta que quede á plomo del eje, por medio de dos botones con tornillos en las estremidades de los brazos, porque en haciendo salir más hacia afuera uno de ellos ó entrándole más, el centro de gravedad seguirá ese mismo movimiento, y se ajustará la balanza en el perfecto equilibrio, sin aumentar ni quitar materia de los brazos.

Para mayor exactitud de los experimentos aumenté á los tres pies de la balanza tres husillos, con

el fin de poner el astil bien á plomo, y no gobernarme por un falso nivel.

Ultimamente, para conocer los diferentes grados de inclinacion puse en la parte superior un arco de círculo bien graduado para poder comparar una inclinacion con otra, y tambien para que en los diversos balanceos que hace el brazo cuando está mas corriente, se pueda conocer en qué grado parará el fiel; porque dividiendo al medio la distancia que hubiere entre los dos términos de la oscilacion hallamos el justo término en que ha de quedar el fiel.

Esto, amigo, me ha parecido conveniente explicaros para que se conozca la teoría de la balanza; y así lo espongo sinceramente á vuestro examen, como quien desea acertar sin tener la vanidad de decidir.

EUG. — Si podeis explicarme todas las demas máquinas vulgares con tanta claridad y precision y no estais fatigado, tened la bondad de hacerlo porque muero de ganas de conocer todo su sencillo y curioso mecanismo.

TEOD. — De mil amores, amigo. Voy á explicaros la romana; ya enseñaré con ella la aritmética.

EUG. — Esto ha de ser curioso.

§ II.

Explicase la balanza romana y por ella las cuatro reglas y la de tres: trátase de la tijera, de la tenaza, del plano inclinado y de la cuña.

TEOD. — Aquí tenemos la balanza romana (Fig. 74.)

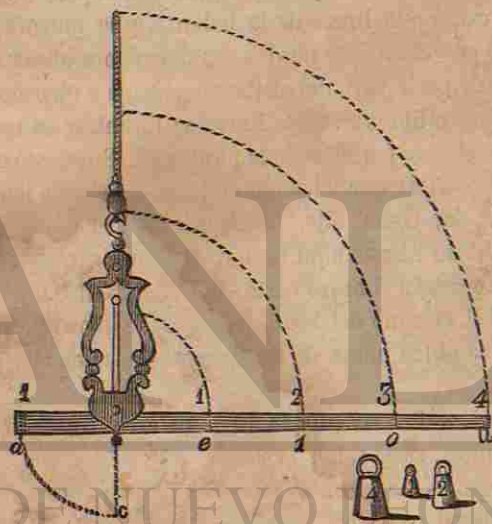


Fig. 74.

tiene un brazo muy corto y otro muy largo, pero como este es mas delgado queda en equilibrio con el otro. Estas divisiones, que tienen números encima, son para conocerse las distancias que los pesos tienen del eje segun el lugar donde se colgaron: aquí pongo tambien varios pesos con el número de

el fin de poner el astil bien á plomo, y no gobernarme por un falso nivel.

Ultimamente, para conocer los diferentes grados de inclinacion puse en la parte superior un arco de círculo bien graduado para poder comparar una inclinacion con otra, y tambien para que en los diversos balanceos que hace el brazo cuando está mas corriente, se pueda conocer en qué grado parará el fiel; porque dividiendo al medio la distancia que hubiere entre los dos términos de la oscilacion hallamos el justo término en que ha de quedar el fiel.

Esto, amigo, me ha parecido conveniente explicaros para que se conozca la teoría de la balanza; y así lo espongo sinceramente á vuestro examen, como quien desea acertar sin tener la vanidad de decidir.

EUG. — Si podeis explicarme todas las demas máquinas vulgares con tanta claridad y precision y no estais fatigado, tened la bondad de hacerlo porque muero de ganas de conocer todo su sencillo y curioso mecanismo.

TEOD. — De mil amores, amigo. Voy á explicaros la romana; ya enseñaré con ella la aritmética.

EUG. — Esto ha de ser curioso.

§ II.

Explicase la balanza romana y por ella las cuatro reglas y la de tres: trátase de la tijera, de la tenaza, del plano inclinado y de la cuña.

TEOD. — Aquí tenemos la balanza romana (Fig. 74.)

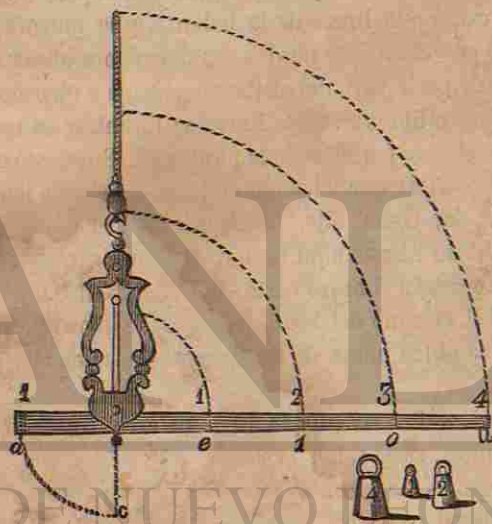


Fig. 74.

tiene un brazo muy corto y otro muy largo, pero como este es mas delgado queda en equilibrio con el otro. Estas divisiones, que tienen números encima, son para conocerse las distancias que los pesos tienen del eje segun el lugar donde se colgaron: aquí pongo tambien varios pesos con el número de

las libras que tienen para mayor facilidad. ¿Haceis ya concepto de la balanza romana?

EUG. — Alguno hago, pero aun no cabal; estos arcos de punticos que aquí veo ¿para que son?

TEOD. — Son para señalar el lugar por donde se moverian los pesos cuando uno levantase el otro. Ejemplo: pongamos v. g. en el brazo corto un peso de cuatro libras colgado en donde yo pongo la letra *a*, si de la otra parte no pusiéremos peso alguno, caerá este brazo de la balanza, y se moverá el peso por el arco de puntos *ac*: colguemos ahora de la otra parte en igual distancia v. g. en *e* otro peso de cuatro libras; si este brazo se levantase se moveria el peso por el arco de puntos *ed*. Supuesto esto, digo ahora que colgando los pesos iguales en igual distancia, como dije, ha de quedar la balanza en equilibrio: hasta aquí no hay que admirar; mas si dejáramos en el brazo corto el peso de cuatro libras, y en el extremo del brazo largo pusiésemos una libra, tambien habia de quedar la balanza en equilibrio.

EUG. — Parece imposible; pero creo vuestra experiencia, resta saber la razon.

TEOD. — La razon es, porque de una y otra parte hay igual cantidad de movimiento; me esplico: ¿cuánto dista el peso pequeño del eje de la balanza?

EUG. — Dista cuatro palmos.

TEOD. — Pues la distancia que hay desde el peso grande al eje bien veis que es solo un palmo. Ya sabeis que el peso que está mas distante del eje de la balanza, cuando se mueve hace un arco mucho mayor; y tanto mayor quanto es mayor la distancia

del eje: reparad en la figura, y vereis que estos arcos de puntos quanto mas se apartan del eje, tanto mayores son¹. Por lo cual quien quisiere saber qué proporcion tienen entre sí estos arcos, no tiene mas que medir las distancias de los pesos; si una distancia es doblada ó cuadruplicada respecto de la otra, tambien el arco que hace este peso mas distante es doblado ó cuadruplicado del otro. Decidme ahora, Eugenio, ¿cuánto pesa el peso grande?

EUG. — Cuatro libras.

TEOD. — Decidme mas. Puesto este peso de cuatro libras en el fin del brazo corto y moviéndose, ¿cuánta es su velocidad?

EUG. — No sé por donde la he de medir.

TEOD. — Medid el arco que hace, que es el arco de puntos *a, c*, porque este es el espacio que anda, ó medid la distancia que tiene el eje; porque como enseñan los géometras las distancias que los pesos tienen del eje de la balanza, tienen la misma proporcion entre sí que los arcos que hacen cuando se mueven; por tanto si quereis medir las velocidades no es preciso mas que medir estas distancias.

EUG. — El peso grande dista un palmo del eje; por consiguiente tiene un grado de velocidad.

¹ Pruébese por los principios de la geometría; porque es cierto que los arcos semejantes son como los círculos, y los círculos son como los diámetros, y los diámetros tienen entre sí la misma proporcion de los rayos; luego los arcos semejantes son como los rayos. Las distancias de los pesos son los rayos de los círculos, que describen los pesos cuando se mueven; luego los espacios que corren los pesos moviéndose tienen la misma proporcion que tienen las distancias en que están puestos. Rayo se llama el medio diámetro.

TEOD. — Multiplicad ahora esa distancia por el peso : decid , ¿ una vez cuatro cuántos son ?

SILV. — Una vez cuatro son cuatro.

TEOD. — Pues tiene el peso grande cuatro grados de movimiento. Vamos ahora al peso pequeño : él tiene una libra de peso ; la distancia del eje son cuatro palmos , multiplicando la distancia por el peso vienen á salir tambien cuatro grados de movimiento , porque cuatro veces uno son cuatro ; y por buena cuenta tantos movimientos hay en una parte con el peso de cuatro libras , como de la otra con el peso de una libra , y por eso quedan en equilibrio.

EUG. — Perdonadme, Teodosio , que aun no entiendo esto tan bien como querria.

TEOD. — Os lo explicaré mejor ; ya hemos asentado que para saber la medida ó cantidad de un movimiento habiamos de mirar al peso del cuerpo que se mueve y á la velocidad ó espacio por donde se mueve , y que habiamos de multiplicar el peso por el espacio ; y que el producto que saliese de esta cuenta era la suma de los grados de movimiento.

EUG. — Estoy en eso ; bien me acuerdo.

TEOD. — Luego si en cuanto un peso de cuatro libras se moviere por un espacio , otro de una libra se moviere por otro espacio cuatro veces mayor , tenemos igual número de grados de movimiento de parte á parte.

EUG. — Sí señor ; porque cuanto uno escede á otro en el peso , tanto el otro le escede en la velocidad con que anda , porque corre en el mismo tiempo mayor espacio.

TEOD. — Decís escelentemente ; pues esto es y

nada mas lo que os tengo dicho , y vos no entendiais. En tanto que el peso grande se mueve por el arco pequeño que le corresponde , el peso pequeño ha de hacer un arco muy grande : este arco grande es cuatro veces mayor que el arco pequeño , porque el brazo ó la distancia del eje en que está el peso pequeño es cuatro veces mayor que la distancia del peso grande , luego si el peso pequeño dista cuatro palmos y el grande solo uno , tambien el arco que hace la libra cuando se mueve ha de tener cuatro tantos del arco , que ha de hacer en el mismo tiempo el peso grande.

EUG. — Ahora ya entiendo perfectamente : como me asegurais , que si yo midiere las distancias que los pesos tienen del eje , es lo mismo que si midiese sus velocidades , todo queda facil.

TEOD. — ¿ Y si yo pusiere la libra en *i* quedará la balanza en equilibrio ?

EUG. — Dejadme hacer la cuenta : el peso grande tiene cuatro libras y dista un palmo : una vez cuatro son cuatro grados de movimiento : tenemos por esta cuenta en el brazo corto cuatro grados de movimiento. Vamos á la otra parte : tenemos una libra de peso , y tenemos distancia de dos palmos : una vez dos son dos ; visto esto de la parte del brazo largo solo tenemos dos grados de movimiento ; y como de la otra parte tenemos cuatro grados , no ha de haber equilibrio.

TEOD. — Ya veo que lo entendeis : demos un paso mas. Decidme : ¿ y si yo pusiere en *i* dos libras quedará en equilibrio la balanza ?

EUG. — Veremos : dos libras estando en *i* tienen

dos palmos de distancia : dos palmos de distancia multiplicados por dos libras de peso hacen cuatro grados de movimiento ; de la otra parte tambien quedaron cuatro grados de movimiento ; luego ha de estar la balanza en equilibrio.

Decidme, Teodosio, antes que pasemos adelante : ¿ esta regla es general para todos los casos ?

TEOD. — Es generalisima ; quanto mas largo fuere el brazo de la balanza, menos peso es preciso para levantar muchas arrobas que esten en el brazo corto. Esta es la razon de un célebre dicho de Arquimedes. Decia que si le diesen fuera del mundo un punto fijo y seguro, que él se atrevia á mover todo este globo de la tierra.

SILV. — Supongo que queria colgarla en alguna balanza como esta que habeis explicado ; y poniendo la tierra en el brazo corto bien cerca del eje, siendo el otro brazo muy largo, cualquier peso en el fin de él bien podria mover el globo de la tierra.

TEOD. — Si ; mas era preciso que el brazo largo escudiese tanto á la distancia que la tierra tenia del eje, quanto el peso de la tierra escudiese al del cuerpo que de la otra parte le colgasen. Pero ahora quiero enseñaros un modo de hacer las cuatro reglas de cuentas, sin pluma ni tinta, ni saber los preceptos de la aritmética.

EUG. — ¿ Y de qué modo ?

TEOD. — Usando solamente de esta romana.

SILV. — Esplicadme eso despacio, que para mí es cosa bien nueva.

TEOD. — Vamos á la cuenta de sumar : poned en el extremo del brazo corto varios pesos : poned por

ejemplo las dos onzas, las cuatro onzas, las tres onzas, la onza, las seis onzas, y la media onza : ¿ que-reis saber quanto suman todos estos pesos ? Tomad un peso mayor, v. g. la media libra ó la libra, y ponedlo en el otro brazo de la romana, pero en igual distancia, y conoceréis quanto suman los pesos pequeños ; porque aquel que quedare en equilibrio es el que tiene la suma de todos los otros juntos ; y en el presente caso hallareis que poniendo una libra casi teneis equilibrio ; pero aumentando media onza á la libra, sabeis que todos los pesos suman una libra y media onza.

SILV. — Eso mismo se puede hacer en cualquier balanza.

TEOD. — Así es, y tambien la cuenta de restar, pero no las otras.

EUG. — Vamos á la cuenta de restar.

TEOD. — Poned en una parte un peso, v. g. una libra, que son diez y seis onzas ; queis quitar nueve y saber cuántas restan, poned nueve en la otra parte en distancia igual : aun no tendreis equilibrio ; id ahora aumentando pesos á esas nueve onzas ; y todas cuantas aumentáreis hasta haber equilibrio son el número de las que restan en diez y seis quitando nueve.

EUG. — Lo he comprendido.

SILV. — Pensé que tuviese eso mas utilidad : siendo eso solo para los pesos de poco sirve la cuenta.

TEOD. — No sirve solo para los pesos. Un rústico que no aprendió cuentas, ni conoce sus caracteres,

puede valerse de la romana para todo; porque si quiere saber de veinte y cuatro ovejas, quitando quince que vendió, cuántas le quedan, pone veinte y cuatro onzas en la romana, y de la otra parte quince, y sabiendo que son precisas nueve onzas sobre las quince para tener equilibrio, sabe que le debían quedar nueve ovejas.

EUG. — Así es; porque si de veinte y cuatro onzas quitando quince quedan nueve, de veinte y cuatro ovejas quitando quince deben quedar también nueve. Vamos ahora á las cuentas de multiplicar y partir sin conocer siquiera los caracteres.

TEOD. — Si queremos multiplicar nueve por cuatro v. g., tomemos nueve onzas y pongámoslas en el brazo largo, y en la distancia de cuatro grados v. g. en *u*; de aquí veamos cuántos pesos son precisos en el brazo corto en la distancia de un grado, v. g. en *a*, para tener equilibrio, y observaremos que solo hay equilibrio poniendo allí treinta y seis onzas: conocido esto, sabemos que nueve multiplicados por cuatro son treinta y seis. Porque, como hemos dicho, la fuerza de estos pesos es igual á su peso multiplicado por la distancia en que están del eje; por lo mismo de los dos números que se han de multiplicar, uno se cuenta en la distancia, otro en el peso; y de la otra parte solo habrá equilibrio cuando hubiere fuerza igual á esos dos números multiplicados entre sí: ponemos entonces todo el peso en la distancia uno, porque de este modo queda solamente en el número de las onzas el valor de los dos números nueve y cuatro multiplicados.

EUG. — ¿Pues qué en el brazo corto no se debe multiplicar también el peso por la distancia?

TEOD. — También; pero como la distancia es un grado, tanto importa treinta y seis multiplicados por uno como treinta y seis sin multiplicarse.

EUG. — Ahora caigo en la cuenta; permitidme ver si lo he percibido. Si quisiere yo saber cuánto importan seis multiplicados por tres, he de tomar un número en la distancia del brazo largo y otro en el peso; ¿qué número he de tomar en la distancia?

TEOD. — El que quisiéreis; podeis poner ó seis onzas en la distancia tres, ó tres onzas en la distancia seis, si la romana tuviere esa distancia.

EUG. — Bien está; y entonces iré poniendo en la distancia uno del brazo corto tantas onzas cuantas fueren precisas para el equilibrio; me serán precisas diez y ocho, y conoceré que tres veces seis son diez y ocho; ya lo entiendo. Falta la cuenta de partir.

TEOD. — Se hace de este modo. ¿Quereis partir veinte y uno entre tres? Tomad la cantidad grande que debe partirse, y ponedla en la distancia uno del brazo corto, y ahí quedan veinte y una onzas: luego tomad en la distancia del brazo largo el número porque quereis partir, y será el número tres: poned ahora ahí tantos pesos cuantos fueren precisos para haber equilibrio, y solamente lo tendreis poniendo siete onzas; de este modo sabreis que veinte y uno partidos entre tres dan siete á cada uno.

EUG. — Ya caigo en la razon; y es clara la prueba, porque siete de peso multiplicados por tres de dis-

tancia dan veinte y uno de la otra parte; y esto es prueba real de que veinte y uno repartidos entre tres dan siete.

TEOD. — Tambien podeis conocer esto de otro modo, que es tomar en el peso el número por el cual se ha de partir, é ir corriéndole por el brazo largo hasta hallar equilibrio, y conocereis que solo le hay en la distancia siete, si la romana la tuviere.

SILV. — ¿Y si no la tuviere?

TEOD. — Siempre la puede tener; pues esta romana, que tiene distancia hasta el número cuatro, puedo yo sin aumentarla hacer que la tenga hasta el número ocho ó doce de este modo: en dividiendo cada grado en dos ó tres, lo tengo conseguido; pero es preciso advertir que en este caso tambien he de dividir los grados del brazo corto, y tengo de llevar mas hácia el eje el peso grande para quedar siempre en la distancia.

SILV. — Ya entiendo; y supongo que si la romana tuviere dos brazos largos podemos hacer la misma cuenta, con tal que pongamos un peso en la distancia uno, y otro en mayor ó menor distancia.

TEOD. — Decís bien; el caso está en que la tal romana esté bien graduada, porque cualquier yerro en la graduacion ocasiona yerro en la cuenta.

SILV. — Así debe ser.

EUG. — Esto supuesto sospecho podremos hacer en esta balanza todas las demas cuentas.

TEOD. — Y con razon, porque todas se reducen á las cuatro especies referidas: tocaré brevemente la *regla de tres*: supongamos que tenemos tres nú-

meros, y que busquemos el cuatro proporcional: aquí lo hallaremos: digo v. g. así como tres es á cuatro, así seis es al número que busco; y hago esto: pongo el primer número en onzas en el brazo derecho (ahí van tres onzas), pongo el segundo número en onzas del lado izquierdo (ahí van cuatro onzas), pongo el tercer número en la distancia de este brazo izquierdo (ahí van las cuatro onzas) para la distancia seis: falta el número cuatro; que es el que busco; pues la hallaré en la primera distancia del brazo derecho: correré pues las tres onzas hasta quedar en equilibrio y quedarán en la distancia ocho. Conozco luego que así como el peso cuatro, así la distancia seis de este peso cuatro es á la distancia ocho del primer peso.

EUG. — Teneis razon; ahí está la prueba porque cuatro onzas multiplicadas por su distancia seis dan veinte y cuatro, las cuales partidas por el primer número tres dan el número que se busca, que es ocho. Lo he entendido perfectamente; vamos adelante.

TEOD. — Hablemos ahora de la tijera, que tambien es máquina, porque con ella cortamos cualquier cosa mucho mas fácilmente que sin ella, y la razon es la misma que la de las otras máquinas: todas ellas se fundan en los principios que tenemos establecidos. Las tijeras junto al eje hacen mucha mas fuerza que en las puntas; dadme, Eugenio, las que estan encima de la mesa, y vereis esto claramente (Fig. 75). La potencia que mueve y que hace fuer-



Fig. 75.

za son los dedos que estan en los anillos de la tijera *mn*; en cuanto los dedos andan el espacio que hay de un anillo hasta el otro, los cortes andan mucho menos espacio, y tanto menos cuanto mas cortas son las puntas: bien veis que de este filo *a* hasta este *e* hay menos distancia que de un anillo á otro, y que cuanto mas nos llegáremos al eje, menor es la distancia entre los filos ó cortes de la tijera. Esto supuesto, ya queda clara la razon por qué se aumenta la fuerza, que es la misma que en la romana y la palanca; porque así como cuanto mas cerca del eje está el peso que se quiere levantar, mas fácilmente se levanta; así tambien quanto mas cerca del eje de la tijera está el cuerpo que pretendemos cortar, mas fácilmente lo cortamos.

EUG. — Eso concuerda mucho con la esperiencia, porque las tijeras en la punta no pueden muchas veces cortar un carton, y acercándole al eje fácilmente se corta.

SILV. — Eso será por estar ahí mas afilada.

TEOD. — Aunque esté igualmente amolada por todo el filo ha de suceder lo mismo. Hay unas tijeras hechas para cortar hoja de lata ú otra cosa semejante que tienen los brazos muy largos; si cargáreis é hiciéreis fuerza en lo último de los brazos de estas fácilmente cortareis lo que quisiéreis; pero si los cogiéreis junto al eje, ó no cortareis lo que intentais, ó lo cortareis con mucha mayor dificultad, y con todo eso los filos de la tijera no estan mas bien amolados en un caso que en otro.

SILV. — De aquí infiero yo que si las tijeras tuvieren las puntas mas largas que los brazos no han

de aumentar la fuerza, antes la han de disminuir; y esto es falso, porque con estas tijeras de cortar papel, que tienen las puntas muy largas, corto yo con la misma facilidad que con las otras.

TEOD. — Segun la distancia en que pusiéreis lo que intentais cortar, mientras que el cuerpo que cortamos distare del eje de la tijera menos de lo que distan vuestros dedos sentireis facilidad; pero si lo que cortais distare del eje mas que los dedos, en vez de sentir facilidad sentireis dificultad, y mas fácilmente cortareis ese cuerpo con cualquier cuchillo que con la tijera: haced la esperiencia en un carton y vereis.

EUG. — Luego para ver si la tijera facilita ó no hemos de medir las distancias del cuerpo que cortamos al eje, y de los dedos al eje: ¿y si los dedos distaren mas se aumenta la fuerza, si distaren menos se disminuye?

TEOD. — No tiene duda, porque entonces tienen mas velocidad los dedos que aquella parte del filo de la tijera que corta. Esta misma razon con bien poca diferencia sirve para explicar la tenaza, porque (Fig. 76) la boca ó puntas de la tenaza son mucho mas cortas que los brazos; y quanto mayor fuere la distancia de la mano al eje que la del eje á los dientes de la tenaza, mas se aumenta la fuerza, y mas se asegura y aprieta lo que cogemos con la tenaza.



Fig. 76.

EUG. — Por eso vemos que con ella de tal suerte agarramos un clavo, que le arrancamos con facilidad, siendo dificultosísimo el arrancarle sin este ú

otro instrumento. Y esta creo que es tambien la razon de hacer mas fuerza las tenazas que tienen los brazos mas largos, como son las que usan los tiradores.

TEOD. — Así ha de ser; cuanto mayores fueren los brazos que las puntas, tanto se aumenta la fuerza de aquel que usa de la tenaza. Habeis de considerar cada mitad de la tenaza como una palanca pequeña; y así la tenaza viene á ser como dos palancas jugando una contra la otra, y la fuerza con que las palancas levantan el peso aquí la emplean en apretar lo que hallan entre sí.

SILV. — El señor Eugenio comprende esto bellisimamente: no os molesteis, Teodosio: ¿tendremos alguna máquina que nos ponga en lo alto de esa calzada sin tanto trabajo? porque yo ya me alijo con la consideracion de que he de subirla.

TEOD. — Tomemos por este otro camino, que aunque tambien sube, como va rodeando el monte no hace tan áspera la subida. Y esto se puede reducir tambien á una máquina que llaman plano inclinado. No vayamos mas lejos; delante de los ojos tenemos el ejemplo. ¿Veis aquellos hombres que quieren cargar aquella pipa en el carro? (Fig. 77). Ellos no la pueden levantar en peso para ponerla



Fig. 77.

encima, por eso usan de aquella plancha, por la cual la van llevando con facilidad hasta ponerla en el carro.

EUG. — Ya veo como la suben así con menos trabajo, mas no comprendo aun la razon filosófica de esa facilidad.

TEOD. — El movimiento que causa aquí dificultad es el movimiento hácia arriba; la pipa no sube mas que cinco palmos ó poco menos; esta será la altura del carro: cuando la llevan rodando por la plancha, la potencia ó las manos que la llevan se mueven por todo el largo de la plancha, que á lo menos han de ser diez palmos; de donde inferimos que en cuanto las manos se mueven por el espacio de diez palmos sube la pipa solo cinco; por eso se aumenta tanto la fuerza de los hombres, que no pudiendo levantarla en peso, con este artificio la suben fácilmente sobre el carro.

SILV. — La pipa tambien se movió por todo el largo de la plancha, ¿luego como decís que en cuanto las manos se movieron por diez palmos la pipa se movió solo cinco?

TEOD. — Mirad, mi doctor: la pipa es cierto que se movió por toda la plancha; pero corriendo toda la plancha solo subió cinco palmos, que es la altura del carro; y lo que necesita aquí de fuerza para vencerse es solo el movimiento hácia arriba; sobre una llanura fácilmente se mueve la pipa, el hacerla subir es lo que tiene dificultad; con que no tenemos que mirar el espacio por donde se mueve, pero sí á la altura á que sube, y ver si es menor que el espacio por donde se mueve la potencia.

EGG. — Ahora conozeo la razon , y que quanto mas largo fuere el tablon , y quanto mas bajo fuere el carro , mas fácilmente se subirá.

TEOD. — Es porque entonces es mayor el esceso que el largo de la plancha ó tablon lleva á la altura del carro , y quanto mayor fuere este esceso , mayor es la facilidad de la potencia que mueve el peso.

SILV. — Con nuestra esperiencia hemos confirmado lo que vos , Teodosio , ibais diciendo , porque con mucho menos trabajo vencimos la subida. Pero decidme , ¿ qué obras son estas que se estan haciendo ?

TEOD. — Son las casas de la quinta de un vecino. Despues de acabar la quinta quiere ahora su dueño hacer un palacio noble que la corresponda.

EGG. — La obra va magnífica : ¿ y qué hacen aquellos hombres dando golpes con tanta fuerza sobre aquella piedra ? Dejadme acercar que soy curioso.

SILV. — Supongo que la quieren partir por medio : la estan clavando una cuña de acero por una hendidura que allí tenia , ó se la hicieron con el cincel (Fig. 78).



Fig. 78.

EGG. — ¿ Y tenemos aquí tambien alguna máquina , Teodosio ?

TEOD. — La cuña tambien aumenta la fuerza de la potencia : sin la cuña no podrian romper tan fácilmente la piedra , y antes que me preguntéis la razon voy á darla. Aquí lo que pide fuerza es el movimiento de la piedra hácia los lados , esto es , la

separacion de una parte de la otra : este movimiento es tanto quanto es el grueso de la cuña , este será v. g. de tres dedos ; mas para que la cuña separe la piedra por tres dedos es necesario que se la claven toda hasta el fin , porque solo ahí tiene tres dedos de ancho , y no la pueden clavar toda sin que la hagan mover por espacio de un palmo por la piedra adentro , que esto será lo largo de la cuña ; y por buena cuenta para separarse la piedra tres dedos es preciso que muevan la cuña por un palmo ; y quanto el largo de la cuña escede á su grueso , tanto mas espacio anda la cuña hácia abajo que la piedra hácia los lados : por eso con la cuña se aumenta la fuerza de los que trabajan , ó por mejor decir , con la cuña se facilita su trabajo.

EGG. — Lo he entendido , y cada vez me confirmo mas que en todas las veces que el espacio por donde se mueve la potencia ó el instrumento movido por ella es mayor que el espacio por donde se mueve el cuerpo que pretendemos mover ó separar , se facilita el trabajo , ó como dicen , se aumentan las fuerzas de la potencia.

TEOD. — Esa es la regla general.

SILV. — En verdad que no habia reparado en muchas de esas cosas que llamis máquinas : yo por máquinas de levantar pesos solo tenia los cabestrantes ó guindastes , y los motones ó garruchas de que vemos estar usando en esta obra para levantar las piedras en alto.

TEOD. — Esas son las mas célebres , porque sus efectos son mas notables ; pero eso no impide que

tambien lo sean las que hasta aquí hemos explicado, como ya os mostré con la esperiencia.

EUG. — Pues ya que las tenemos delante de los ojos, sentémonos á ver trabajar estos hombres, porque con la vista de estas máquinas mas facil nos será su explicacion.

§ III.

Trátase del cabestrante, de los motones ó garrachas, de la noria de mano, y de la rosca ó husillo.

TEOD. — Es increíble lo que estas máquinas aumentan la fuerza de los hombres, y si no lo viésemos pareceria imposible que piedras de tan estraña magnitud se pudiesen levantar.

EUG. — ¡Quién diria que solos dos hombres descansadamente habian de levantar aquella piedra tan grande! (Fig. 79).

TEOD. — Pero reparad que la piedra se mueve muy despacio y mucho mas despacio que los hombres: reparad



Fig. 79.

bien, y ved lo que sube mientras que los hombres dan una vuelta.

EUG. — Subirá tres palmos cuando mas, si la vista no me engaña.

TEOD. ¿Y qué espacio andarian los hombres en cuanto dieron una vuelta entera?

EUG. — Eso ahora no es facil medirlo.

TEOD. — Antes es facilísimo: ¿cuántos palmos tendrá de largo aquella vara ó palanca en que andan? Supongamos que tiene diez palmos de largo; pues si es así, resulta tener todo el espacio de la vuelta que dieron los hombres treinta palmos ó poco mas, conforme á lo que se demuestra en la geometría, porque la vuelta de un círculo prueban los géometras que es casi igual á tres diámetros; luego si la vara tiene diez palmos de largo, bien digo yo que la vuelta ó círculo que hicieron los hombres andando alrededor ha de tener treinta. De lo que se infiere que en cuanto los hombres se movieron por espacio de treinta palmos, no anduvo la piedra hácia arriba sino tres palmos.

EUG. — Segun eso pueden aquellos dos hombres levantar un peso grandísimo, porque estamos en la regla general, que todas las veces que la potencia se mueve por espacio mayor que el peso, se aumenta. Pero quisiera yo ahora un modo facil de saber ¿cuánto peso podrá un hombre levantar con esta máquina ó cualquier otra de este género?

TEOD. — Yo os diré como lo podeis saber fácilmente: primeramente medid la vara y ved los palmos que tiene: medid despues de eso el diámetro del tambor ó de aquel cilindro de palo *ct* en donde

tambien lo sean las que hasta aquí hemos explicado, como ya os mostré con la esperiencia.

EUG. — Pues ya que las tenemos delante de los ojos, sentémonos á ver trabajar estos hombres, porque con la vista de estas máquinas mas facil nos será su explicacion.

§ III.

Trátase del cabestrante, de los motones ó garrachas, de la noria de mano, y de la rosca ó husillo.

TEOD. — Es increíble lo que estas máquinas aumentan la fuerza de los hombres, y si no lo viésemos pareceria imposible que piedras de tan estraña magnitud se pudiesen levantar.

EUG. — ¡Quién diria que solos dos hombres descansadamente habian de levantar aquella piedra tan grande! (Fig. 79).

TEOD. — Pero reparad que la piedra se mueve muy despacio y mucho mas despacio que los hombres: reparad



Fig. 79.

bien, y ved lo que sube mientras que los hombres dan una vuelta.

EUG. — Subirá tres palmos cuando mas, si la vista no me engaña.

TEOD. ¿Y qué espacio andarian los hombres en cuanto dieron una vuelta entera?

EUG. — Eso ahora no es facil medirlo.

TEOD. — Antes es facilísimo: ¿cuántos palmos tendrá de largo aquella vara ó palanca en que andan? Supongamos que tiene diez palmos de largo; pues si es así, resulta tener todo el espacio de la vuelta que dieron los hombres treinta palmos ó poco mas, conforme á lo que se demuestra en la geometría, porque la vuelta de un círculo prueban los geómetras que es casi igual á tres diámetros; luego si la vara tiene diez palmos de largo, bien digo yo que la vuelta ó círculo que hicieron los hombres andando alrededor ha de tener treinta. De lo que se infiere que en cuanto los hombres se movieron por espacio de treinta palmos, no anduvo la piedra hacia arriba sino tres palmos.

EUG. — Segun eso pueden aquellos dos hombres levantar un peso grandísimo, porque estamos en la regla general, que todas las veces que la potencia se mueve por espacio mayor que el peso, se aumenta. Pero quisiera yo ahora un modo facil de saber ¿cuánto peso podrá un hombre levantar con esta máquina ó cualquier otra de este género?

TEOD. — Yo os diré como lo podeis saber fácilmente: primeramente medid la vara y ved los palmos que tiene: medid despues de eso el diámetro del tambor ó de aquel cilindro de palo *ct* en donde

se envuelve la maroma, esto es, medid por la parte de encima ó por debajo su grueso *ct*; y cuanto mayor fuere la vara que el diámetro ó grueso del tambor tanto se aumenta la fuerza: supongamos, v. g., que la vara tiene diez palmos, y que el tambor tiene de diámetro un palmo: si el hombre puede sin máquina levantar dos arrobas, con ella puede ahora levantar veinte; y si podía levantar tres, ahora podrá levantar treinta.

EUG. — ¿Y por qué?

TEOD. — Por la misma razon de la romana y de las otras máquinas ya esplicadas. Si la vara es diez veces mayor que el diámetro del tambor, es cierto que la vuelta que da el hombre en la punta de la vara es diez veces mayor que una vuelta de la cuerda alrededor del tambor¹. El peso sube tanto cuanto es lo largo de la maroma que se va enroscando; por lo mismo, si el espacio que anda el hombre es diez veces mayor que la cuerda que en ese tiempo se enrosca, tambien es diez veces mayor que el espacio por donde sube el peso en ese tiempo.

EUG. — Así ha de ser forzosamente.

TEOD. — Luego ahora el hombre tiene una velocidad diez veces mayor que el peso, y por consiguiente aunque el peso sea diez veces mayor que su fuerza queda compensada una cosa con otra. En el hombre la fuerza que corresponde á dos arrobas, multiplicadas por diez grados de velocidad, son veinte

¹ Las circunferencias son entre sí como los diámetros; luego si los diámetros son como diez á uno, tambien las circunferencias serán como diez á uno.

grados de movimiento, y veinte arrobas multiplicadas por un grado de velocidad son veinte grados de movimiento; y así quedan en equilibrio la piedra de veinte arrobas y la fuerza del hombre usando de esta máquina.

EUG. — Quién hiciere la cuenta luego conocerá la igualdad ó desigualdad que hubiere entre la potencia y el peso.

TEOD. — Pero para evitar la confusion os advierto que para conocer la diferencia que va de la velocidad de la potencia á la del peso, esto es, para ver cuanto mayor es el espacio que anda la potencia que el que anda el peso, basta que tomeis la medida ó á toda la vara y al diámetro del tambor, ó á la mitad de la vara y mitad del diámetro del tambor, ó al círculo que hace la punta de la vara y la cuerda que lleva el tambor en una vuelta, porque siempre vendreis á conocer el mismo esceso¹; y así medid lo que os fuere mas facil.

EUG. — Todo me es facil menos medir el grueso ó el diámetro del tambor.

TEOD. — No tiene dificultad: cuando por estar la máquina muy embarazada no lo podais hacer de otra suerte, echad un cordel alrededor del tambor, y la tercera parte del cordel que llevare en una vuelta es el diámetro del tambor ó la medida de su grueso.

¹ Los rayos son entre sí como los diámetros y como las circunferencias; luego la misma proporcion que tiene entre sí la vara y el diámetro del tambor, esa misma tiene la mitad de la vara y el rayo ó mitad del diámetro del tambor; y esa misma proporcion tiene entre sí el círculo que describe la punta de la vara y el que hace la superficie del cilindro ó tambor.

EUG. — Ya lo entiendo.

SILV. — Pues yo aun no: perdonad la impertinencia. Vos, Teodosio, dijisteis que podíamos medir, ó los círculos que hacian la cuerda y el hombre en la estremidad de la vara, ó los diámetros, ó las mitades de estos diámetros, que siempre salia la misma cuenta; pero esta cuenta no puede salir cierta, porque si midiéremos el círculo que hace la cuerda, sale la piedra en esta máquina con tres grados de velocidad, porque anda tres palmos; y si midiéremos el diámetro del tambor, sale la piedra con un grado de velocidad, porque este diámetro solo tiene un palmo. Estas cosas, amigo mio Teodosio, no concuerdan.

TEOD. — Silvio, no os confundais: yo os mostraré que siempre sale el mismo esceso. Si midiéreis el diámetro del tambor, de ese modo saldrá el peso con un grado de velocidad; pero entonces sale la potencia con diez, porque habeis de medir toda la vara que tiene diez palmos que multiplicar por esos diez palmos la potencia; y si midiereis la vuelta que hace la cuerda, sale el peso con tres grados de velocidad; pero entonces ha de salir la potencia con treinta, porque habeis de medir toda la vuelta que hace el hombre en la punta de la vara, que importa treinta palmos, y multiplicar por esos treinta palmos la fuerza del hombre: con que siempre viene á quedar la potencia con el mismo esceso respecto del peso, porque su velocidad siempre es diez veces mayor que la del peso.

SILV. — Ahora estoy satisfecho.

EUG. — Yo tambien; pero he allí otros hombres

que solamente con garruchas están levantando otra grande piedra. Esplicadme como es esto.

TEOD. — Antes que entre á esplicaros esa máquina es preciso advertir que una garrucha ó polea sola, esto es, un moton que no tenga mas que una rodaja, como las que se usan en los pozos, no es máquina que aumente la fuerza de la potencia; porque, si lo reparareis bien, tanto espacio anda la mano tirando hácia abajo, como el peso subiendo hácia arriba; y como no hay esceso de velocidad en la potencia respecto del peso, no se aumenta la fuerza.

EUG. — Si eso es así, ¿para qué usan de esas poleas en los pozos?

TEOD. — Es porque contribuyen mucho para tirar; mas facilidad tiene una persona para tirar hácia abajo que hácia arriba; ademas de que tirando hácia abajo tambien ayuda el peso del brazo y de todo el cuerpo, lo que no sucede tirando hácia arriba.

EUG. — Pero las poleas de que ahora usan estos hombres (Fig. 80) les aumentan la fuerza, porque levantan una piedra tan grande, que ciertamente escede toda la que ellos tienen.

TEOD. — Así ha de ser, porque son mas poleas; una está

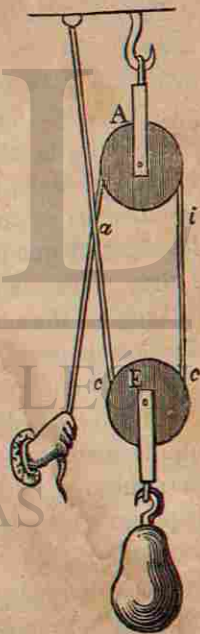


Fig. 80.

fija arriba A , otra abajo E , á la cual está amarrada la piedra.

EUG. — ¿Y por qué se aumenta en esta máquina la fuerza?

TEOD. — Porque en cuanto el peso sube hasta arriba , que será distancia de veinte palmos , andan doblado espacio las manos de los que tiran.

SILV. — Ahora no podeis saber eso con certeza ; ¿ cómo habeis de medir el espacio que andan las manos , si los hombres las están siempre mudando ; y así que llegan abajo , luego cogen otra vez la cuerda mas arriba ?

TEOD. — Vos , Silvio , os ahogais en poca agua : si los hombres cogiesen una vez la cuerda , y sin dejarla se fuesen apartando hácia atras y tirando , ¿ no seria facil medir el espacio que andaban las manos ó los hombres que tiran ? Supongo que esto lo hallareis facil ; porque midiéndose la cuerda que se estendió , se conoce cuanto espacio anduvieron los hombres que tiraron por ella.

SILV. — Sí ; en ese caso es facil.

TEOD. — Pues tambien en nuestro caso : en midiéndose la cuerda que se estendió queda medido el espacio que anduvieron las manos ; porque la cuerda no habia de estenderse ni un solo palmo sin que la mano que tiró por ella anduviese otro palmo ; luego si la cuerda que se estendió en cuanto la piedra subió arriba tiene de largo cuarenta palmos , se sigue que otro tanto espacio anduvieron las manos poco á poco. Voy á mandar , Eugenio , á un criado que mida esa cuerda , y vereis que tiene doble largo de la altura á que subió la piedra.

EUG. — No quiero que perturbeis á los hombres en sus trabajos ; pero poco mas ó menos bien se ve que así ha de ser.

SILV. — La razon de eso , si la hay , siempre quisiéramos saberla.

TEOD. — Aunque los hombres han echado otra vez abajo la polea para subir otra piedra , queda facil dar la razon. ¿ Cuando la piedra llega arriba no toca la polea de abajo E en la otra que está arriba A ?

SILV. — Si tirasen hasta el fin habrá de llegar á tocar una con otra.

TEOD. — Pues tocando una en la otra sobran los pedazos de cuerda que van uno de arriba *a* hasta abajo *e* , y otro de abajo *e* hasta arriba *i* , que son dos tamaños de la altura que sube la piedra ; y toda la cuerda que aquí sobra es la que se estiende en cuanto la polea de abajo llega á tocar en la de arriba.

EUG. — Aquí no hay mas que replicar , mi doctor.

SILV. — En estas materias , como no las he estudiado ni sido superintendente de obras , no es mucho que el señor Teodosio esté mas instruido que yo ; vamos adelante.

EUG. — Allá tenemos otros hombres dando grandes gritos ; supongo será alguna gran piedra que pretenden levantar á lo alto.

SILV. — No os engañais ; todo el aparejo cruje con el peso.

TEOD. — ¿ Pues veis que no usan de otra máquina sino de poleas ó motones ? Pero tienen muchas mas rodajas ; porque la polea de arriba tiene tres ,

y la de abajo otras tantas; y si usando solo de dos rodajas se aumenta la fuerza de la potencia, usando de seis rodajas se ha de aumentar mucho mas por la misma razon (Fig. 81.).

EUG. — ¿Y ahora cuánto se aumenta la fuerza en esta máquina?

TEOD. — Tanto quanto el espacio que andan las manos es mayor que el que sube la piedra: la piedra cuando llega arriba habrá subido seis varas poco mas ó menos; ved ahora, Eugenio, quanto espacio es preciso que anden las manos para que llegue arriba la piedra, y entonces sabreis en cuánto escede la potencia al peso.

EUG. — Para eso me basta medir la cuerda que se estiende, mas ahora no puedo practicar esa diligencia porque estan los hombres trabajando.

TEOD. — ¿Cuántos largos de cuerda van de una polea á la otra?

SILV. — Si no me engaño van seis.

TEOD. — Seis han de ser forzosamente, siendo seis las rodajas que hay en las poleas; advertid ahora, todos esos pedazos de cuerda que van de una polea á la otra se ahorran cuando la piedra llega



Fig. 81.

arriba, y toda esa cuerda es la que se estendió; luego la cuerda que se estendió tiene seis largos del espacio que subió la piedra.

EUG. — Basta; ahora ya sé cuánto escede el espacio que andan las manos de los hombres cuando tiran de la cuerda al espacio que sube la piedra; porque las manos andan tanto quanto la cuerda va viniendo hácia abajo; si la cuerda que viene hácia abajo tiene treinta y seis varas, treinta y seis varas andan las manos, al mismo tiempo que la piedra solo subirá seis varas como hemos ajustado.

SILV. — ¿Y por dónde os consta á vos, Eugenio, que la cuerda que vino hácia abajo tiene treinta y seis varas?

EUG. — ¿No hemos dicho ya que la cuerda que se estendia tenia seis largos del espacio que va de una polea á la otra? Pues si la piedra sube seis varas, tiene la cuerda treinta y seis, porque seis veces seis son treinta y seis.

SILV. — Y si los hombres pudieren sin máquina levantar diez arrobas, decidme, Eugenio, ¿cuánto podrán levantar con ella, ya que tan diestro estais en estas cuentas?

EUG. — Vamos poco á poco; el espacio que andan las manos es seis tantos del espacio que sube la piedra; luego los hombres pueden con esta máquina levantar seis tantos de lo que podrian sin ella, si por si podian levantar diez arrobas, con la máquina podrian levantar sesenta.

TEOD. — Eso es; teneis razon, y queda esto establecido; que quanto el espacio que anda la potencia es mayor que el espacio que anda el peso, tanto

mas se aumenta la fuerza de la potencia. Mas venid por acá que hay allá abajo ocasion de proseguir esta materia.

ERG. — ¡Qué ameno y bien copado bosque! La altura de los árboles, su agradable verdor, la disposicion y orden con que estan puestos, y el enlace de sus ramos, hacen una vista por cierto bien apreciable.

SILV. — Vamos á la huerta, porque el bosque es mas propio para las horas de calor que para cuando el sol ya va declinando; acá fuera se ha de sentir mas el aire porque corre mas libre.

ERG. — Vamos paseando hasta aquella noria, que gusto sumamente de ver regar la hortaliza; pero decidme, Teodosio, ¿quién es el que saca el agua? ¿Acaso es solo aquel hombre que anda con la noria?

TEOD. — Esta noria no es de las ordinarias, es una noria de mano, porque está hecha con tal artificio que un hombre con gran facilidad saca agua del pozo: llegaos y vedlo (Fig. 82.).

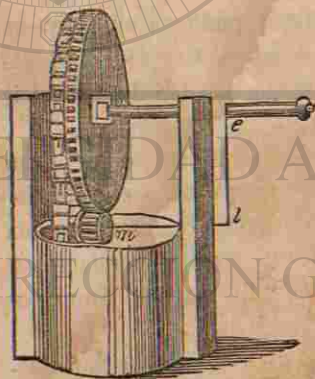


Fig. 82.

ERG. — Parece que las circunstancias que nos proporciona la fortuna vienen á medida de nuestros deseos: esta tarde hemos tratado de las máquinas que aumentan la fuerza de la potencia, aquí tenemos delante de los

ojos una que aun no está esplicada. Decidme, ¿si aumenta esta máquina la fuerza de este hombre, y por qué y cuanto la aumenta?

TEOD. — Que aumenta la fuerza no tiene duda, porque con cubos no podia sacar tanta cantidad de agua en tan poco tiempo. Ahora, la razon porque la aumenta es clara supuestos los principios sobre que hemos discurrido: bien veis que el hombre anda con la mano por mucho mas espacio del que andan los cangilones; porque como la rueda pequeña *m*, á que llaman piñon, tiene muchos menos dientes que la rueda grande, es preciso que el piñon dé muchas vueltas para que la rueda de los cangilones dé una. Pongamos un ejemplo: supongamos que la rueda grande tiene cincuenta dientes, y que el piñon tiene diez; para que dé una vuelta la rueda grande es preciso que el piñon dé cinco; para que dé el piñon cinco vueltas es necesario que la mano del hombre, que anda con la cigüeña *e* alrededor, dé tambien cinco vueltas; de donde se sigue que en cuanto la rueda de los cangilones da una vuelta da la mano cinco, las cuales importan mucho mas espacio que la vuelta que da la rueda de los cangilones.

ERG. — Veamos por curiosidad ¿cuánto aumenta la fuerza esta noria? Pues el hortelano acabó ya su tarea tenemos lugar para la esperiencia.

TEOD. — Para eso ya sabeis que hemos de medir los espacios que andan, el peso que son los cangilones, y la potencia que es la mano del hombre: para medir el espacio que andan los cangilones atad un cordel en este que está bien inmediato al borde

del pozo: dad ahora una vuelta entera con esa cigüeña *e* alrededor, y parad; ved cuanto subió el cordel, y teneis medido el espacio que anduvo el peso.

EUG.— Está muy bien: vamos ahora á medir el espacio que anduvo la mano mientras que dió una vuelta.

TEOD.— Medid con un cordel seis veces la altura que va de la cigüeña *e* hasta el eje *i* del piñon, y todo ese largo es el espacio que anduvo la mano en una vuelta ⁴.

EUG.— ¿Y he de tomar así la medida en todos los casos semejantes?

TEOD.— Si por cierto: siempre que quisiéreis medir el espacio que anda la mano cuando da una vuelta no teneis mas que medir seis veces el hierro ó palo ó cuerda en cuya estremidad se pone la mano para hacer esa vuelta; medir, digo, desde la mano hasta el centro del movimiento ó centro de la vuelta que hace la mano.

EUG.— Visto eso, para saber yo cuanto aumenta la potencia una de las norias ordinarias, ademas de la diligencia del cordel atado al cangilon he de medir seis veces el largo de la vara en donde anda la cabballería.

TEOD.— Eso es; pero advertid que ese largo de la vara seis veces es el espacio de una sola vuelta; despues de lo cual ya no teneis mas que medir tambien con el cordel lo que sube el cangilon, mientras se da una sola vuelta.

⁴ La vuelta de la mano es círculo; la altura *ei* es el rayo, y seis rayos son casi iguales á la circunferencia ó vuelta del círculo.

EUG.— Lo he entendido.

TEOD.— Ahora antes que sea mas tarde quiero esplicaros otra máquina que falta, y se tiene por la mas fuerte de todas. Esta es la rosca: aquí tambien os la puedo enseñar: venid conmigo. En los lagares habreis visto ya unas roscas, á que llaman husillos de lagar, pues esa es la máquina que voy á esplicar.... Primeramente es una viga ó tabla gruesa *A*, que está encima fija y segura: á esta tabla atraviesa una rosca, la que está enganchada en la piedra que veis abajo: ademas de esto hay una vara que se le introduce por el costado para hacerla andar alrededor: he aquí la teneis (Fig. 85). Su-

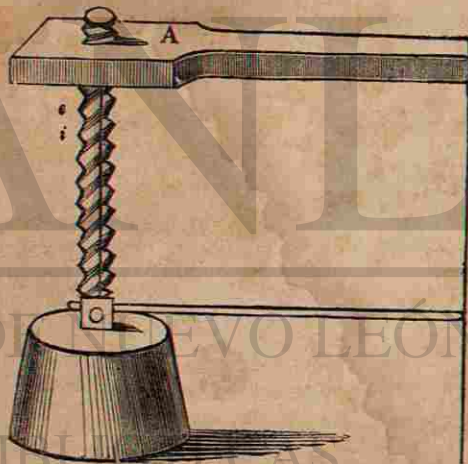


Fig. 85.

pongamos que esta piedra pesa cien arrobas, claro está que yo no la puedo levantar solo con mi fuer-

za; mas si anduviere alrededor de ella empujando la punta de esta vara, ya la puedo levantar: haced la esperiencia y vedlo.

EUG. — Así es; pero va tan poco á poco que apenas se percibe que se levanta del suelo.

TEOD. — Así ha de ser forzosamente: vamos ahora á la razon. En tanto que disteis una vuelta entera subió la piedra cuando mas medio palmo, que será la distancia que va de una espira ó diente de la rosca al otro. Reparad y ved que mientras doy una vuelta alrededor empujando la vara se introduce en la tuerca, ó se oculta en la viga adentro un solo diente, de suerte que el segundo diente está debajo de la viga despues de dar una vuelta es el que ha de quedar en primer lugar; y el *e*, que antes era primero, ha de introducirse por la viga adentro.

EUG. — Teneis razon: ya veo que la piedra habia de subir la distancia que va de un diente á otro. Tenemos, pues, medido el espacio que anduvo el peso: vamos ahora á medir el que anduvo la potencia.

TEOD. — Medid la vara seis veces con un cordel desde el centro de la rosca A hasta la punta: ¿cuánto tiene de largo?

EUG. — La vara tiene diez palmos: seis veces diez palmos son sesenta: por esta cuenta en el tiempo que yo di una vuelta en la punta de la vara anduvo sesenta palmos, y la piedra solo subió medio palmo: ¡es exceso muy grande!

TEOD. — De ahí se sigue, que si con vuestra ma-

no solo podeis levantar dos arrobas, con esta máquina podeis levantar 240 arrobas.

SILV. — ¿Cómo ajustais esa cuenta? En eso hay engaño; pero vamos á ajustarlas acá afuera, que este lugar está sofocado.

TEOD. — Vamos: la piedra como visteis subió medio palmo: yo anduve 60 palmos ó 420 medios palmos, que es lo mismo; luego anduve 420 veces el espacio que anduvo la piedra: mi fuerza natural equivale á dos arrobas; dos arrobas multiplicadas por 420 espacios suman 240 arrobas.

SILV. — Esa cuenta no puede faltar; pero me parecia mucho.

EUG. — Con razon dijisteis que esta máquina era la mas fuerte de todas, porque ninguna aumenta tanto la fuerza como esta.

TEOD. — Pero advertid una cosa que se debe notar, y es, que estas máquinas aun sin tener ningun peso cuesta el moverlas mas ó menos, segun estan mas ó menos usadas y corrientes, y esto se debe descontar del aumento que dan á la fuerza de la potencia; pero como no se puede saber ni determinar ciertamente cuánto cuesta mover cada máquina por sí sola, por tanto al ajustar las cuentas no se atiende á eso.

EUG. — ¿Y hay aun otras máquinas ademas de estas?

TEOD. — Diré: de estas que os he explicado acostumbran los hombres hacer otras muy fuertes, juntando v. g. el cabestante ó el guindaste con las poleas ó motones, juntando las ruedas dentadas con

la rosca, etc.; pero todas se pueden reducir á las que tengo esplicadas.

EUG. — ¿Qué llamais ruedas dentadas?

TEOD. — Es el artificio de la noria, en donde una rueda con dientes hace andar tambien otra con dientes mayor ó menor; y así van disponiendo de tal suerte los movimientos, que la potencia ande mucho mayor espacio que el peso.

SILV. — Ahí es donde está todo el artificio de estas máquinas, segun lo que tenemos observado.

TEOD. — Pero para que no os falte nada, Eugenio, quiero daros una instruccion general para todas las máquinas que se pueden inventar, y juntamente resumir en pocas palabras lo que hemos tratado esta tarde. Supongo que os acordais de lo que os dije al principio, que la cantidad del movimiento se tomaba del peso del cuerpo que se movia y de la velocidad con que se movia; de suerte que multiplicando el peso por la velocidad, tenemos la cantidad cierta del movimiento. La fuerza de un hombre empujando ó cargando podemos compararla á la fuerza que hace un peso cargando hácia abajo, ó mayor ó menor, segun fuere la fuerza. ¿Teneis duda en esto?

EUG. — No.

TEOD. — Bien está: pues entonces para averiguar la cantidad del movimiento que hay de parte del hombre cuando tira de algun peso, hemos de hacer la cuenta con el peso que vale su fuerza, y multiplicarla por la velocidad que tiene el hombre: ahora para averiguar la velocidad de la potencia, que es la mano del hombre, y asimismo la velocidad del peso,

no tenemos mas que medir los espacios que corren en el mismo tiempo; aquel que en el mismo tiempo anda mas espacio tiene mas velocidad. Si la potencia anduviere tanto como el peso, tiene igual velocidad; y entonces si el peso fuere mayor que la fuerza del hombre, no hay quien compense este exceso; mas si la potencia anduviere mucho espacio mientras el peso anda poco, ya la potencia tiene mayor velocidad que el peso; y así ya tiene con que compensar el exceso del peso á su fuerza si lo hubiere, porque si el peso es mayor que su fuerza, tambien la potencia ó la mano que hace fuerza tiene mayor velocidad que el peso. Por tanto, hablando de cualquier máquina, si os preguntaren si podrá un hombre levantar un peso determinado, para responder prudentemente habeis de preguntar primero á cuanto equivale la fuerza del hombre, esto es, cuanto podrá levantar por sí solo; despues habeis de preguntar cuanto pesa ese peso, y ver cuánto es lo que excede á la fuerza del hombre: hecho esto mandad trabajar con la máquina (aunque sea sin colgarle peso), y ved cuanto es el espacio que anduvo la mano que trabajaba, y el espacio que en ese tiempo anduvo la cuerda ó cadena en donde se cuelga el peso; si el espacio que anduvo la mano excede tanto al espacio que andaria el peso, cuanto el peso excedia á la fuerza del hombre, podrá la mano levantar el peso; si este exceso de los espacios no fuere tan grande como era el exceso del peso no lo podrá levantar, porque no tiene velocidad bastante para compensar lo que le faltaba de fuerza para levantar el peso.

EUG. — Basta : no os canseis mas, que ahora lo he entendido todo perfectamente.

SILV. — ¿Y para qué eran aquellas cuentas de multiplicar con que tanto nos quebrasteis la cabeza?

TEOD. — Eran para conocerse fácilmente estos excesos del peso á la fuerza del hombre, y de la velocidad á la velocidad, porque multiplicando el peso por su espacio ó por su velocidad, y luego la potencia por su velocidad ó espacio, lo que sumaba mayor número es señal de que tenia caudal para compensar todo el exceso que el otro le llevaba.

TEOD. — Bastante hemos hablado, me parece, de las máquinas : hora es que tratemos de otros asuntos.

§ IV.

Trátase del péndulo.

EUG. — ¡ Con qué gravedad marcha el péndulo de vuestro reloj !

TEOD. — A propósito hablais del péndulo ; pues este es el punto que voy á escoger, por ahora.

EUG. — ¿ A qué llamáis *péndulo* en física ?

TEOD. — Llamamos *péndulo* un cuerpo grave pendiente de un hilo ó cosa semejante, que moviéndose de uno á otro extremo baja y sube balanceando. (Fig. 84). El movimiento que hace el péndulo desde el principio de la caída hasta el fin de la subida se llama *vibracion ú oscilacion*. Llamamos

longitud del péndulo toda la distancia que hay desde el punto inmóvil del hilo O hasta el centro de gravedad A, del peso que balancea : advertid bien esto, porque en el mismo péndulo de los relojes de sala ó de torre puede el peso que llaman lantejilla bajarse mas ó menos, y conforme el centro de gravedad sube ó baja, se juzga el péndulo por mas corto ó mas largo. Esto

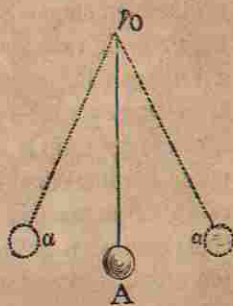


Fig. 84.

supuesto descubriré varias verdades, que estan incluidas en las que ya sabeis. Primeramente, Eugenio, ya veis que cuando cae el péndulo está mucho tiempo balanceando ; examinemos pues la causa de este movimiento, y diremos sus propiedades.

En primer lugar *el péndulo necesariamente ha de subir despues de caer*, porque por causa de la inercia del cuerpo perseverará en él el movimiento hasta que se le destruyan. Pero cuando el péndulo acaba de descender está en movimiento, y en virtud del cordon ó vara de que pende no puede moverse sino subiendo : sube pues en cuanto le dura la fuerza para ello.

En segundo lugar *el péndulo que sube continuamente se retarda, y cada vez va mas flojo*; porque si llegó abajo con cinco grados de velocidad, los ha de ir perdiendo sucesivamente cuando suba ; porque el peso resiste y contradice á la subida ; y así como el peso ó fuerza de gravedad, en tanto que bajaba, le

EUG. — Basta : no os canseis mas, que ahora lo he entendido todo perfectamente.

SILV. — ¿Y para qué eran aquellas cuentas de multiplicar con que tanto nos quebrasteis la cabeza?

TEOD. — Eran para conocerse fácilmente estos excesos del peso á la fuerza del hombre, y de la velocidad á la velocidad, porque multiplicando el peso por su espacio ó por su velocidad, y luego la potencia por su velocidad ó espacio, lo que sumaba mayor número es señal de que tenia caudal para compensar todo el exceso que el otro le llevaba.

TEOD. — Bastante hemos hablado, me parece, de las máquinas : hora es que tratemos de otros asuntos.

§ IV.

Trátase del péndulo.

EUG. — ¡ Con qué gravedad marcha el péndulo de vuestro reloj !

TEOD. — A propósito hablais del péndulo ; pues este es el punto que voy á escoger, por ahora.

EUG. — ¿ A qué llamáis *péndulo* en física ?

TEOD. — Llamamos *péndulo* un cuerpo grave pendiente de un hilo ó cosa semejante, que moviéndose de uno á otro extremo baja y sube balanceando. (Fig. 84). El movimiento que hace el péndulo desde el principio de la caída hasta el fin de la subida se llama *vibracion ú oscilacion*. Llamamos

longitud del péndulo toda la distancia que hay desde el punto inmóvil del hilo O hasta el centro de gravedad A, del peso que balancea : advertid bien esto, porque en el mismo péndulo de los relojes de sala ó de torre puede el peso que llaman lantejilla bajarse mas ó menos, y conforme el centro de gravedad sube ó baja, se juzga el péndulo por mas corto ó mas largo. Esto

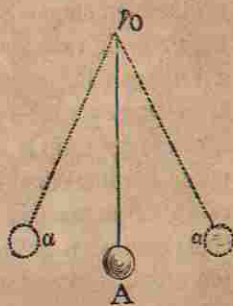


Fig. 84.

supuesto descubriré varias verdades, que estan incluidas en las que ya sabeis. Primeramente, Eugenio, ya veis que cuando cae el péndulo está mucho tiempo balanceando ; examinemos pues la causa de este movimiento, y diremos sus propiedades.

En primer lugar *el péndulo necesariamente ha de subir despues de caer*, porque por causa de la inercia del cuerpo perseverará en él el movimiento hasta que se le destruyan. Pero cuando el péndulo acaba de descender está en movimiento, y en virtud del cordon ó vara de que pende no puede moverse sino subiendo : sube pues en cuanto le dura la fuerza para ello.

En segundo lugar *el péndulo que sube continuamente se retarda, y cada vez va mas flojo*; porque si llegó abajo con cinco grados de velocidad, los ha de ir perdiendo sucesivamente cuando suba ; porque el peso resiste y contradice á la subida ; y así como el peso ó fuerza de gravedad, en tanto que bajaba, le

imprimió un grado de velocidad en cada tiempo, así tambien cuando sube le destruye en cada tiempo un grado de velocidad.

En tercer lugar *el tiempo en que el péndulo sube es enteramente igual al tiempo en que desciende*: la razon es, porque la gravedad tanto obra en el tiempo de la caída como en el de la subida: en el de la caída fueron precisos cinco tiempos para dar al grave cinco grados, v. g. de velocidad; luego en la subida son precisos otros tantos tiempos para destruirlos, y así el tiempo del descenso ó caída es igual al de la subida.

Por la misma razon cuando tiramos una bala al aire tanto tiempo gasta en subir como en bajar, por la misma razon del péndulo: la bala ha de subir hasta perder toda la velocidad, y en cada momento ha de adquirir otra tanta, y llegar abajo con la misma velocidad que llevó, y en el mismo tiempo en que subió, descontando los efectos de la resistencia del aire.

EUG. — Esto está clarísimo.

TEOD. — Veamos ahora el tiempo de las vibraciones. Acordaos, de que os dije que en el mismo tiempo en que el grave caia libremente por un diámetro caia por cualquier cuerda del círculo de ese mismo diámetro. Pero siendo los arcos pequeños muy poco diferentes de las cuerdas, pues un arco de 45 grados solo escede á su cuerda en la proporcion que el número 450 escede á 549, poco esceso será el que hay entre un arco de 45 grados y su cuerda; por esto sin yerro considerable podemos confundir el descenso de un grave por el arco pe-

queño con el descenso por la cuerda correspondiente. Estemos, pues, en esto. En la doctrina de los péndulos se supone que las vibraciones son pequeñas, esto es, que no pasan de 5 grados, 15 de caída y 15 de subida: luego de aquí las siguientes consecuencias.

1^a. *En tanto que el grave baja por la media vibracion caerá á plomo por todo el diámetro*. Pero como el grave cayendo á plomo siempre se acelera, y en tanto que el péndulo descendió él caería por un diámetro; entre tanto que subió caería por tres diámetros, pues el tiempo de la subida es igual al del descenso luego:

2^a. *Entre tanto que el péndulo hace toda la vibracion el grave caería por cuatro diámetros ú ocho radios, que vienen á ser ocho longitudes de la cuerda*. Pero esta doctrina es para cualquiera vibracion, sea de mas ó de menos grados.

3^a. *Todas las vibraciones del mismo péndulo se hacen en el mismo tiempo, sean de mas ó de menos grados* (Fig. 85), por ser todas hechas en el tiempo en que el grave caería por ocho diámetros. Adverti que en la experiencia si ponemos en movimiento dos péndulos iguales en todo, pero uno de mayor distancia que otro, siempre el que hace vibraciones mayores anda algo mas despacio, por causa de

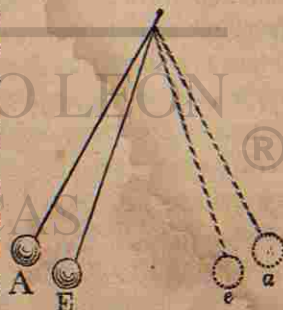


Fig. 85.

la resistencia del aire, el cual resiste mas cuando es mayor la velocidad; no obstante sensiblemente el mismo es el tiempo de la vibracion Aa que el de la vibracion Ee.

4. *Siendo la cuerda del péndulo la misma no se atiende al peso ó á la materia de este para juzgar el tiempo de sus oscilaciones.* La razon es, porque prescindiendo de la resistencia del aire cualquier grave baja en el mismo tiempo por el diámetro de un circulo: luego de cualquier materia ó peso que fueren gastarán el mismo tiempo en cuatro diámetros, por consiguiente en una vibracion entera.

Advierto no obstante, que continuando las vibraciones la resistencia del medio, siempre hace grande diferencia en la continuacion de muchas vibraciones. Es verdad, Eugenio, que os quedariais admirado al ver que constantemente el péndulo mas pesado es el que hace las vibraciones mas tardas contra lo que se esperaba; porque siendo mas pesado caeria mas de prisa por el espacio del diámetro; pero la razon de esta incoherencia es, que cuanto un grave es mas pesado tira mas adelante que el que no es tanto; y por consiguiente como las vibraciones fueron mayores á proporcion de la mayor velocidad, le hace el aire mayor resistencia.

EUG. — Por este medio podemos saber cuanto caeria un grave en un segundo, porque sabemos la longitud del hilo ó vara de un péndulo, que hace exactamente una oscilacion en un segundo; y conforme á lo dicho, esta distancia, multiplicada por ocho, dará el espacio que correria el grave cayendo á plomo.

TEOD. — Si los tiempos de las vibraciones son dependientes de la longitud del péndulo tomada ocho veces, se sigue que debemos discurrir de la longitud ó cuerda del péndulo como de los espacios de la caída, y los tiempos serian la raiz cuadrada de estos espacios segun lo que queda dicho; y por consiguiente cuando el tiempo de las vibraciones hubiere de ser como 4 á 2, las longitudes de los péndulos han de ser como 4 á 4 (Fig. 86); y así poniendo dos péndulos, cuya longitud sea como 4 á 4, si los soltaren al mismo tiempo concordarian de dos en dos oscilaciones, porque entre tanto que el grande hace una oscilacion el pequeño haria dos.

Esta es doctrina precisa para los relojeros, porque deben saber, supuesto el número de oscilaciones, qué deberá hacer su péndulo en un minuto, y qué longitud han de dar á la vara del péndulo.

De aquí se infiere la razon de que todos los relojes, á escepcion de los de faltriquera, de los que luego hablaremos, se atrasan con el calor y se adelantan con el frio, porque el calor dilata la vara de la péndola y la alarga; por ser mas larga será mayor el tiempo de la oscilacion, y como á cada vibracion pasa un diente de la rueda catalina, es preciso que el reloj atrase. Ved aquí por que entonces se debe acortar la vara por medio de una rosca que está bajo la lantejilla, y viene á quedar la péndola



Fig. 86.

mas corta, porque solo se debe contar la longitud del péndulo desde el eje, que está en la parte superior hasta el centro de la lanteja ó peso; por la misma razon se debe bajar la lantejilla en los tiempos frios, en los cuales se encoje algo la vara. Por todo esto no hay reloj alguno de los ordinarios que haga los dias iguales, no digo en un año, pero ni en una semana entera; porque siempre el tiempo por mas frio ó mas caluroso influye en los movimientos del reloj. Yo hasta que tuve la práctica de las observaciones astronómicas no conocí la increíble variedad que padecen los relojes á causa del tiempo. Hablando ahora de los relojes de faltriguera, digo que con estar en ellos la péndola de diferente modo, debe seguir las mismas leyes (Fig. 87). Consta la péndola de un hilito de metal elástico en forma espiral está presa en *a* al eje de un círculo movible *ooo*, que la lleva consigo cada vez que se mueve; pero como el hilo espiral es elástico, bien sea que le doblen mas de lo que está, ó bien le abran mas, siempre tirará á volverse á su estado natural; y como el ímpetu que lleva cuando se quiere restituir á su estado natural pasa mas allá de lo que debia ser, como la cuerda de vihuela que retiembla por un rato cuando la tiran hácia un lado, ó como el péndulo que cuando quiere caer pasa con el ímpetu que lleva mas allá del plomo que buscaba, y sube por la parte opuesta y anda balanceando. De este modo hace la péndola espiral, supliendo así el



Fig. 87.

efecto del péndulo á plomo. De aquí se sigue, que así como cuanto mas largo es el péndulo se mueve mas despacio, así cuanto mas largo es el hilito elástico mas espaciosa son sus oscilaciones. Para esto en la otra estremidad *E*, que va á la circunferencia, se pone una corredera por donde pasa la espiral, y tiene sujeto el hilo elástico en toda aquella porcion que ha entrado en ella, pues solo el hilo que está libre es el que puede balancear; y como por medio de una ruedecilla *M* podemos poner la corredera *E*, ya mas adentro ó ya menos, hacemos de este modo la péndola espiral mas corta ó mas larga; y así son los movimientos mas prontos ó mas tardos: con los primeros se adelanta el reloj, con los segundos se atrasa. El calor de la estacion ó el de la faltriguera, el frio que hiela el poquito de aceite en los ejes de las ruedas, el movimiento del caballo, la postura del reloj, que ya deja á los ejes trabajar á plomo, ó ya los precisa á trabajar horizontalmente con mayor roce, todo esto hace muy irregular el movimiento del reloj, sin contar con la irregularidad esencial que viene del muelle, el que va desenvolviendo cada vez con menos fuerza, ó del caracol, que cada vez suelta un círculo menor de la cuerda que en él recoge. Por esta razon las horas del reloj de faltriguera son por lo comun mucho mas irregulares que las de los relojes de pesas. He aquí, amigo Eugenio, lo que basta para entender alguna cosa de esta materia, aunque no hayais de ser relojero. Ved teniendo un poco de paciencia.

EUJ. — Mucho me ha gustado la esplicacion de este punto.

TEOD. — Pues si teneis paciencia, pasemos á otro y hablemos de las leyes del choque.

EUG. — Hablando de estas materias nunca se me acaba la paciencia.

§ VI.

Sobre las leyes del choque, y comunicacion de fuerzas.

TEOD. — Esta materia, amigo Eugenio, os dará mucha luz para el conocimiento de los efectos naturales. Para discurrir pues con claridad y solidez en esta materia sentemos primero los principios siguientes, que son verdades evidentes.

1º. *Cuando el obstáculo es fijo y el golpe perpendicular se pierden en él todas las fuerzas del movíl.*

2º. *El efecto de estas fuerzas es la cavidad que queda en el obstáculo ó en el movíl, ó bien la compresion que tal vez no parece despues, por causa de la elasticidad ó de la separacion de las partes hecha en uno de los cuerpos que chocaron entre sí.*

3º. *Cuando la línea del choque del movíl es perpendicular y el obstáculo fijo, obra el movíl con todas sus fuerzas.*

4º. *Pero cuando la línea del choque es oblicua, obrará con solas las fuerzas que corresponden á la línea perpendicular, despues que el movimiento se haya resuelto en perpendicular y paralelo.*

5º. *En este caso continúa el movíl su movimiento;*

pero mudando la línea y disminuyendo la velocidad, porque se descompone ó resuelve el movimiento, las fuerzas se consumirán en parte.

Puestos estos principios acerca de los obstáculos fijos, conviene daros otros acerca de los obstáculos que ceden y son movibles.

1º *Cuando el obstáculo cede perecen algunas fuerzas que se consumieron en la cavidad ó compresion; mas perseveran así las que el movíl conserva en sí como las que comunicó al obstáculo. La razon es, porque no hay accion de un cuerpo sobre otro sin movimiento de aquellas partes en que se hizo el contacto: estas empiezan á ceder y retirarse hácia adentro, en cuanto el resto del cuerpo resiste por su inercia de quietud, y poco á poco el obstáculo total recibe el movimiento, y cede el lugar total. Pero tanto las fuerzas empleadas en la cavidad, que es visible en los cuerpos no elásticos, como en la compresion que da lugar á la elasticidad, si el cuerpo le tiene se consumirán todas; luego solo pueden quedar las fuerzas que conserva el movíl ó el obstáculo que las recibió y las mantiene en su movimiento.*

2º *La suma de las fuerzas perdidas en la compresion, y conservadas despues del choque, debe ser igual á las fuerzas que habia antes de él. Porque de lo que habia antes del choque se conserva todo lo que no pereció; luego la suma de las fuerzas conservadas y perdidas ha de ser igual á las que habia antes del choque.*

3º *Cuando la elasticidad es perfecta solo dará en*

TEOD. — Pues si teneis paciencia, pasemos á otro y hablemos de las leyes del choque.

EUG. — Hablando de estas materias nunca se me acaba la paciencia.

§ VI.

Sobre las leyes del choque, y comunicacion de fuerzas.

TEOD. — Esta materia, amigo Eugenio, os dará mucha luz para el conocimiento de los efectos naturales. Para discurrir pues con claridad y solidez en esta materia sentemos primero los principios siguientes, que son verdades evidentes.

1º. *Cuando el obstáculo es fijo y el golpe perpendicular se pierden en él todas las fuerzas del movíl.*

2º. *El efecto de estas fuerzas es la cavidad que queda en el obstáculo ó en el movíl, ó bien la compresion que tal vez no parece despues, por causa de la elasticidad ó de la separacion de las partes hecha en uno de los cuerpos que chocaron entre sí.*

3º. *Cuando la línea del choque del movíl es perpendicular y el obstáculo fijo, obra el movíl con todas sus fuerzas.*

4º. *Pero cuando la línea del choque es oblicua, obrará con solas las fuerzas que corresponden á la línea perpendicular, despues que el movimiento se haya resuelto en perpendicular y paralelo.*

5º. *En este caso continúa el movíl su movimiento;*

pero mudando la línea y disminuyendo la velocidad, porque se descompone ó resuelve el movimiento, las fuerzas se consumirán en parte.

Puestos estos principios acerca de los obstáculos fijos, conviene daros otros acerca de los obstáculos que ceden y son movibles.

1º *Cuando el obstáculo cede perecen algunas fuerzas que se consumieron en la cavidad ó compresion; mas perseveran así las que el movíl conserva en sí como las que comunicó al obstáculo. La razon es, porque no hay accion de un cuerpo sobre otro sin movimiento de aquellas partes en que se hizo el contacto: estas empiezan á ceder y retirarse hácia adentro, en cuanto el resto del cuerpo resiste por su inercia de quietud, y poco á poco el obstáculo total recibe el movimiento, y cede el lugar total. Pero tanto las fuerzas empleadas en la cavidad, que es visible en los cuerpos no elásticos, como en la compresion que da lugar á la elasticidad, si el cuerpo le tiene se consumirán todas; luego solo pueden quedar las fuerzas que conserva el movíl ó el obstáculo que las recibió y las mantiene en su movimiento.*

2º *La suma de las fuerzas perdidas en la compresion, y conservadas despues del choque, debe ser igual á las fuerzas que habia antes de él. Porque de lo que habia antes del choque se conserva todo lo que no pereció; luego la suma de las fuerzas conservadas y perdidas ha de ser igual á las que habia antes del choque.*

3º *Cuando la elasticidad es perfecta solo dará en*

la restitucion fuerzas iguales á las que se perdieron en la compresion. Por consiguiente.

4^o No puede haber en caso alguno mayor suma de fuerzas despues del choque que antes. Pues no hay causa que las produzca de nuevo, y es evidente que la elasticidad solamente repara las que se perdieron en la compresion. Esto supuesto :

LEY PRIMERA. Para conocer la velocidad conservada despues del choque de los cuerpos no elásticos.

Para saber qué velocidad y qué direccion queda en cada movil debemos hacer las averiguaciones siguientes :

1^a Si el movimiento es solo de un cuerpo ó de ambos, pero en la misma direccion ó linea, debe hacerse la suma de todo el movimiento.

2^a Si el movimiento de los dos cuerpos que chocan es contrario, debe descontarse el debil del fuerte, entrando en cuenta el resto solamente.

3^a Este resto ó aquella suma se debe repartir por toda la masa, y el cociente que sale en la reparticion es la velocidad comun á ambos cuerpos despues del choque.

EUG. — ¿Con qué objeto preparais esta máquina?

TEOD. — Para observar los efectos de esta ley, he aqui su esplicacion (Fig. 88). Fórmanse dos barquillas, en que se pueda poner ma-

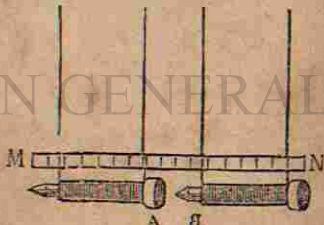


Fig. 88.

yor ó menor peso : en una va una cajita de greda blanda A, en otra un cono de metal B, que puede enterarse en la greda : ambas se pueden suspender por cordones paralelos, para que en cualquiera parte de los arcos que describen vayan horizontales, y pueda una seguir á la otra. La regla MN toda está graduada, y con ciertos punteros que se meten en agujeros diferentes : se ve de qué distancia se dejó caer la barquilla agente, y á qué punto llegaron ambas despues del choque : dispuesta así la máquina vamos á los efectos siguientes :

Si el cuerpo movil choca ó da en otro de igual masa, siempre le comunica la mitad de la velocidad, y si el movil partió de la distancia de diez pulgadas, ambos irán á partes opuestas hasta cinco pulgadas.

Si el movil que pesa una onza choca con otro quieto que pese tres onzas, ambos van con un cuarto de la velocidad antigua, porque el movil ligero no puede moverse sin que en el otro se muevan tres onzas, y cada uno ha de tener la misma velocidad del cuerpo pesado que va cediendo, en cuanto el cuerpo leve le persigue con otra tanta; y así teniendo él cuatro grados de velocidad ha de dar á cada onza el suyo, y solo podrá guardar un grado para sí.

Si el movil B cae con velocidad 4 sobre el otro A que va en la misma direccion con velocidad 2, despues del choque irán ambos con velocidad 5, porque siendo la velocidad en la misma direccion hace una suma de 6, la que repartida entre ambos igualmente da 5 á cada uno.

Cuando un movil A cae con velocidad 2, y B cae contra él con velocidad 8, ambos van con velocidad 5 hácia donde iba el movil fuerte. La razon es, porque A con velocidad 2 destruyó en B dos grados, y solo quedaron 6; pero A cuando destruyó dos grados en B tambien perdió los suyos en la accion, y quedó quieto; y así ha de suceder lo mismo que se veria si B con 6 grados de velocidad incurriese en A, cuerpo quieto; pero entonces ambos irian de compañía con velocidad 3. ¿Habeis entendido bien todo esto?

EUG. — Perfectamente ya podeis pasar adelante.

TEOD. — Ahora conviene daros la ley para conocer las fuerzas destruidas en los no elásticos.

SILV. — Muchos físicos no esperan esta ley, porque se contentan con la primera acerca de la velocidad conservada y comunicada en el choque; y viendo que antes y despues se halla la misma cantidad del movimiento (á no ser que haya movimientos opuestos), dan la doctrina por completa.

TEOD. — Mas quisiera yo que advirtiesen que siempre hay fuerzas perdidas en el choque. Las fuerzas que hicieron la cavidad en la greda ó la mella en el plomo son fuerzas que necesariamente perecieron; luego es imposible que antes y despues del choque haya el mismo número de fuerzas. Luego conviene que nos expliquen inteligiblemente como se pueden medir las fuerzas del cuerpo por la cantidad del movimiento, pues habiendo antes y despues del choque el mismo movimiento, no puede haber la misma cantidad de fuerzas.

SILV. — No me hallo en disposicion de disputar

sobre este punto: allá se las hayan los que entiendan de él, andad prosiguiendo.

TEOD. — Para conocer las fuerzas perdidas en el choque he aquí lo que debemos establecer.

Las fuerzas perdidas en el choque siempre son las mismas cuando la velocidad respectiva es la misma.

Llamamos velocidad respectiva la disminucion de distancia entre los cuerpos: velocidad sobre 4 que huye solamente vale 2, porque solamente con dos llegan entre sí: 6 contra 4 que tiene vale 10, porque se llegan entre sí los móviles mutuamente por 10 grados.

EJEMPLOS. *Si un movil con velocidad 4 da contra un obstáculo quieto, la velocidad respectiva es 4.*

Si un movil da con velocidad 6 sobre un obstáculo que huye de él con velocidad 2 tambien será 4.

Pero si un movil con velocidad 5 choca con otro que viene contra él con velocidad 1 tambien será 4.

EUG. — Y lo muestra tambien la esperiencia.

TEOD. — Todo lo que os digo son resultados de ella. En efecto.

En todos estos tres casos muestra la esperiencia que siempre se hace la misma cavidad; luego se pierden las mismas fuerzas. La razon es, porque el movil solo puede tener accion sobre el obstáculo cuando llega á él; pero esta aproximacion es la misma, bien sean 4 contra el cuerpo quieto, bien sean 6 sobre 2 del que huye, ó bien sean 5 contra 1 del que viene. Luego cuando la velocidad respecti-

va es la misma, las fuerzas perdidas son las mismas. Mas es justo que examinemos esto bien segun el cálculo de las fuerzas vivas ó sensibles, pues bajo este sentido lo adoptamos. Pongamos siempre masas iguales: en el primer caso el movil con velocidad 4 sobre el obstáculo quieto le da dos grados de velocidad y conserva dos. En esta suposicion calculamos; antes del choque habia velocidad 4, fuerzas 16; despues del choque conserva velocidad 2, fuerzas 4: comunica velocidad 2, fuerzas 4, pierde en la cavidad fuerzas 8.

Velocidad	4.	Fuerzas	16
Conserva velocidad	2	f. 4	4
Conserva velocidad	2	f. 4	4
Perdidas fuerzas			8
		Suma f.	16

EUG. — Me parece que hasta aquí va bien.

TEOD. — En el segundo caso antes del choque en el debil habia velocidad 2 y fuerzas 4; en el fuerte habia velocidad 6, fuerzas 36, sumaban fuerzas 40.

Debil velocidad	2	f. 4	4
Fuerte velocidad	6	f. 36	36
		Suma f.	40

Despues del choque ambos van con velocidad comun 4: el debil tiene fuerzas 16, el fuerte 16; en la cavidad se perdieron fuerzas 8, suma todo fuerzas 40.

Debil velocidad	4	f. 16	
Fuerte velocidad	4	f. 16	
Cavidad perdida	fuerzas	8	
		Suma	40

En el tercer caso el movil, antes del choque, tiene velocidad 5, fuerzas 9; el contrario viene con velocidad 4, fuerzas 4, suman las fuerzas antes del choque 10.

Movil fuerte	v. 5	f. 9	
Movil debil	v. 4	f. 4	
		Suma	10

Despues del choque van los móviles con velocidad comun 4, porque dos grados de las antiguas se destruyen mutuamente, y los otros dos se reparten igualmente por ambas masas, y así en cada uno queda velocidad 4 y fuerzas 4: en la cavidad se pierden fuerzas 8 como en los casos precedentes, lo que es preciso para que haya la misma cavidad, y todo suma fuerzas 40.

Movil debil	v. 4	f. 4	
Movil fuerte	v. 4	f. 4	
Cavidad pierde	fuerzas	8	
		Suma f.	40

EUG. — Parece que no puede haber cosa mas justa y coherente con la esperiencia y la razon.

TEOD. — Ahora, pues, en este modo de calcular tenemos en el primer caso antes del choque fuerzas 4, despues en cada movil 2, que suman 4, y la cavidad ó mella parece hecha sin pérdida de alguna

fuerza. En el segundo caso antes del choque habia en uno fuerzas 6, en otro fuerzas 2, suman 8; despues del choque 4 en cada uno suman 8, y la cavidad se hizo sin que pereziese fuerza alguna. En el tercero antes del choque fuerzas 5 en uno, y fuerzas 4 en otro, suman fuerzas 9; despues cada movil tiene fuerzas 4, suman 8, y aquí faltan 2 fuerzas: si dicen que se destruyeron mutuamente, aparece otra vez la cavidad hecha sin pérdida de fuerzas: si quieren que estas dos fuerzas hagan la cavidad, tenemos una incoherencia insufrible, porque en los otros dos casos se hizo sin pérdida de fuerzas, y en este las necesitaba. De lo que queda dicho se colige lo primero: que siendo el obstáculo absolutamente fijo, las fuerzas perdidas son todas las que habia antes del choque. Lo segundo: que siendo la masa y velocidades en razon recíproca y en direccion contraria, las fuerzas perdidas son todas las que habia antes del choque. Lo tercero: que siendo los dos cuerpos móviles é iguales y el uno quieto, las fuerzas perdidas son la mitad de las que habia antes del choque. Cuarto: que (como advierte admirablemente el Gravesande) *fuerza nunca destruyó fuerza* (cosa que en mucho tiempo no entendí), porque, como veis, las fuerzas solo se destruyen en las cavidades; y así lo que destruye á las fuerzas vivas son los efectos en que ellas se emplean, que son las compresiones ú otros semejantes. Así una velocidad destruye á otra, porque el cuerpo no puede seguir las dos; pero una fuerza no lucha con otra fuerza, sino que ambas se emplean en las compresiones. Establezcamos ahora los principios necesarios para

juzgar del movimiento de los cuerpos elásticos despues del choque.

1º *La elasticidad perfecta da en la restitution de los cuerpos comprimidos una fuerza igual á la compresion.*

2º *La accion de esta elasticidad de las partes comprimidas se dilata entre los dos cuerpos que chocaron, porque las partes comprimidas siempre estan entre los cuerpos que se chocan.*

3º *Esta accion por su parte obra hácia ambas partes opuestas en orden á dilatarse.*

4º *Si los dos cuerpos son igualmente pesados, ambos ceden igualmente á la fuerza de la dilatacion de la dicha elasticidad.*

5º *Si un cuerpo está inmovil toda la fuerza se ejerce contra el otro que cede.*

6º *Si ambos cuerpos son móviles, pero desiguales en la masa, ceden mas los que pesan menos. De suerte que la velocidad recibida está en razon inversa de las masas. Supuestos estos principios se siguen estas leyes para el movimiento de los cuerpos elásticos. Para saber que la velocidad se hallará en cada uno de los cuerpos que chocaron, en primer lugar se debe hacer cuenta con la velocidad respectiva entre ellos para juzgar por ella de la fuerza de compresion y de restitution. Luego se ha de repartir esta velocidad entre los dos cuerpos móviles en razon inversa de sus masas. En seguida añadiráse á esta velocidad que dió la elasticidad la que el cuerpo tendria en el choque (caso que no fuesen elásticos); y si las dos velocidades son conformes se hará la suma, si contrarias se sustraerá la menor de la mayor*

para tener el resto, y entonces se conocerá la velocidad y direccion del cuerpo.

EUG. — Vamos á las experiencias si, las hay, que así se entiende todo esto mas fácilmente.

TEOD. — Vamos á ellas: hagamos que esta bola de marfil dé en otra igual y quieta: cambia con ella su estado, esto es, la da toda su velocidad, y ella se queda parada (Fig. 89.). La razon es, porque si A

con velocidad 4 da en B quieto no siendo elásticos, le da dos grados de velocidad, y conserva dos. Pero la accion que corres-

ponde á velocidad 4 se dilata entre las dos bolas. y da á cada una velocidad 2: la bola B recibe dos grados de velocidad hácia adelante, despues de haber recibido 2 en el choque, y parte luego con cuatro grados de velocidad; pero A recibe velocidad 2 para retroceder; y como de la anterior velocidad conservaba dos grados hácia adelante, destruyéndose unos con otros se queda parada, como lo experimentan todos los jugadores del billar. Hagamos otra experiencia. Si con una bola herimos una serie de otras semejantes (Fig. 90.), todas pararán, y la última saldrá con la

misma velocidad de la que dió en ellas. Ahí

lo veis, la razon es, porque por la experiencia pasada A debe comunicar toda su velocidad á B y parar: B no puede moverse sin dar en C: la da toda su velocidad y para: lo mismo sucede á las demas;



Fig. 89.



Fig. 90.

pero cuando se da la velocidad á la última F, parte libremente con la misma velocidad que la comunicaron.

EUG. — Conformes van la razon y la experiencia.

TEOD. — Si con dos bolas elásticas tiramos á una serie de otras semejantes, todas pararán menos las dos últimas, que saldrán con la misma velocidad con que las primeras incurrieron (Fig. 91.). La ra-



Fig. 91.

zon es, porque por lo que acabo de decir, que B incurriendo en la serie da á la última de esta serie la velocidad, y ella para; pero A, que va tras B mientras B para, incurre en ella, y por consiguiente la comunica toda su velocidad: B la comunica á C, y así sucesivamente hasta E. Esta bola no puede comunicar la velocidad á F, porque F ya va en movimiento igual comunicado por el primer incurso, y es cierto que cuando dos bolas van con la misma velocidad, no puede la posterior tener accion alguna en la que va delante; y así las dos últimas bolas EF van con la misma velocidad con que incurrieron las dos primeras.

EUG. — ¿Y si tres ó cuatro bolas incurren en una, saldrán en movimiento tantas cuantas incurran?

TEOD. — Sí; la razon se infiere de lo dicho: cada bola comunica su movimiento á la siguiente, y para: si despues viene otra que hace lo mismo va en movimiento, y la que se le dió paró tambien, incur-

riendo cuatro en una (Fig. 92.): D comunica su ve-



Fig. 92.

locidad á E, C á D, B á C, A á B, y paró, porque ya no tuvo quien la comunicase movimiento, y todas las demas van andando.

EUG. — De cualquier modo que las bolas elásticas estuviesen dispuestas antes del golpe se quedarán, excepto la primera, si ella fue la que incurrió (Fig. 95). La razon es, porque cada una cambia de esta-



Fig. 95.

do y lugar con la inmediata, como los soldados que van trocando el lugar con las centinelas, y los lugares siempre quedan ocupados en el mismo orden en que estaban.

TEOD. — Cabal: lo entendeis perfectamente. Si una bola de masa 4 incurre con velocidad 4 en otra bola mayor de masa 5 (Fig. 94), la grande irá



Fig. 94.

con velocidad 2, y la pequeña irá tras ella con velocidad 2. La razon es, porque no siendo cuerpos elásticos, la velocidad 4 se debía repartir por masa 4 y 5, y cabia un grado á cada masa, caminando de este modo los dos cuerpos juntos con velocidad 4. Pero la accion elástica tiene fuerzas 4,

y se dilata entre los dos móviles, y les da movimientos opuestos para separarlos, esto es, al pequeño ha de dar velocidad hácia atras y al grande hácia adelante. Ahora veamos qué velocidad da á cada uno dicha accion; como los móviles resisten desigualmente, el pequeño, que es tres veces mas ligero que el grande, debe ceder tres veces mas; y así el grande A debe recibir un grado de velocidad, el que junto con el otro que ya tenia suma 2, y el pequeño B debe recibir 5; mas como tenia uno en contrario que él conserva, despues del choque se destruyen los dos grados opuestos, y quedan libres los dos grados de velocidad hácia atras. Del mismo modo se ve que si un movil incurre en otro nueve veces mayor y parado con velocidad 10, irá el grande adelante con velocidad 2, y el pequeño atras con velocidad 8. La razon es, porque no siendo elásticos la velocidad 10 se ha de repartir por toda la masa, que es 9 mas 4; y así van los dos con velocidad comun 4: la accion elástica vale 10, porque tanta fue la velocidad respectiva que hizo la compresion: esta da velocidad 10 mas desigualmente, segun la mayor ó menor facilidad con que los obstáculos cedieron: al pequeño da 9, al grande 1, luego el grande queda con dos grados de velocidad. El pequeño tendria 9 para ir hácia atras; pero como se debe descontar un grado que tendrá hácia adelante, queda con 8 para retroceder. Ahora, amigo, hay una reflexion que merece atencion particular. En estos dos casos, y en todos que son semejantes, despues del choque hay mucho mayor cantidad de movimiento que antes, porque en el caso antes del

choque hay solo 10, y despues en el grande hay velocidad 2 multiplicada por la masa 9, que vale 18, y en el pequeño hay velocidad 8, que vale 1, multiplicado por la masa 8 = 8. Pero $18 + 8$ son 26, cosa bien estraña, que no habiendo antes del choque sino 10 grados de movimiento, despues parecen 26 sin otra causa motiva, porque el elasterio solo restituye todo lo que se perdió: lo mismo á proporcion sucede en el caso antecedente. Lo que admira, amigo Eugenio, es que muchos fisicos vean esto y no se detengan viendo con todo desahogo las esperiencias; ellos mismos dan las leyes y tragan este absurdo, que del movimiento menor salga el mayor, y que el choque (mas capaz de impedir el movimiento que de aumentarle) sea el que le aumenta mas que al doble, haciendo que del movimiento 10 salga el movimiento 26.

EUG. — Pues, ¿y cómo saldremos de esta dificultad?

TEOD. — Respondo que contando las fuerzas como Leibnitz por el cuadrado de la velocidad multiplicado por la masa, porque entonces todo sale naturalísimo. Antes del choque hay masa 1 velocidad 10, cuadrado 100, fuerzas 100. Despues del choque hay en el cuerpo grande velocidad 2, cuadrado 4, masa 9, fuerza 56: en el cuerpo pequeño velocidad 8, cuadrado 64, masa 1, fuerzas 64; y así las fuerzas despues del choque son en el grande 56, en el pequeño 64, que suman 100, las mismas que habia antes del choque; porque la elasticidad perfecta restituyó las que se habian perdido en la compresion.

De aquí sale una consecuencia infalible, que no es lo mismo fuerzas del movimiento que cantidad del movimiento. El movimiento puede crecer con el choque; pero es cuando las fuerzas, siendo las mismas, le pueden producir. A lo que debe atenderse es á las fuerzas, porque estas son las que obran: si las disposiciones son tales que las mismas fuerzas puedan estar con movimiento mayor, crecerá: si son tales las circunstancias que no puedan producir sino movimiento igual, con este nos debemos contentar.

Incorre un globo de masa 2, velocidad 5, en otro parado de masa 1; siendo elásticos caminará el pequeño con velocidad 4, el grande volverá atras con velocidad 1, (Fig. 95) porque no siendo elásticos el movimiento 6 que hacia, debia repartirse por masa 2 mas 1, y quedaba la velocidad comun 2; pero la accion elástica vale 5 (siendo siempre la velocidad respectiva); da dos grados de velocidad al pequeño hácia adelante, y luego parte con 4; al grande da 1 para retroceder, el que descontado de 2 que tenia hácia adelante queda 1.

Si un cuerpo elástico incorre con 6 grados de velocidad en otro que huye de él con velocidad 4, continuará en moverse con velocidades trocadas (Fig. 96). La razon es, porque




Fig. 95.



Fig. 96.

no siendo elásticos la cantidad del movimiento 6 con 4, que valen 10, se debia repartir igualmente en los 2 que irian con velocidad comun 5. Pero siendo la velocidad respectiva 2, solo la accion elástica es capaz de dar 2 grados de velocidad, uno á B hácia adelante, y queda con 6, otro á A hácia atras, el que disminuido de 5 restan 4.

Si un movil elástico con velocidad de 6 incurre en otro contrario con velocidad 4, volverán ambos hácia atras, trocadas las velocidades (Fig. 97). La razon es, por-

 que no siendo elásticos, destruyéndose de parte á parte

4 grados de velocidad, quedarán 2 en A para repartir igualmente entre ambos, y así quedaria la velocidad comun 1 hácia adelante: mas siendo elásticos, como hay velocidad respectiva 10, la accion elástica da 5 á cada uno; á *b* 5 hácia adelante, y por tener ya uno se queda con 6: al globo *a* dará 5 hácia atras; de estos se debe descontar 1 hácia adelante, y restan 4 hácia atras; esto hecho, quedan ambos con las velocidades trocadas, y de aquí sale esta regla general.

LEY Y CONCLUSION GENERAL. *Cuando los cuerpos elásticos son iguales en masa quedan con los estados cambiados despues del choque.*

Esto es, si el choque es de cuerpo movil con otro parado, el que incurre queda quieto y comunica al otro su velocidad. Si ambos iban hácia la misma parte, continuan cambiando las velocidades *por el efecto octavo*. Si iban hácia partes contrarias, vuel-

ven uno y otro atras rechazados; pero con velocidades trocadas *por el efecto noveno*.

EUG. — ¿Habeis dicho quanto hay que decir sobre el choque?

TEOD. — No; pero antes de continuar quiero hacer un esperimento curioso.

SILV. — Ya nos saldrá con una de las suyas.

§ VII.

Esperimento del palo roto encima de dos copas de vidrio sin romperse estas. Trárase del choque oblicuo.

TEOD. — Para sobrellevar la mortificacion que os habrán ocasionado estas materias que fatigan algo la cabeza quiero hacer una esperiencia curiosa. Hago que traigan dos copas de vidrio (Fig. 98); y despues de echarles dentro agua, he de poner un pedazo de palo que tenga lo menos dos palmos y medio ó tres de largo sobre los bordes de una y otra: habiendo hecho esto así, he de dar un golpe tal en medio del palo *acb* que le quiebre, sin que caigan

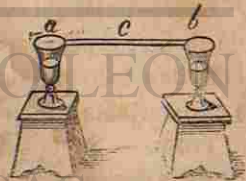



Fig. 98.

las copas en que estriba, ni se derrame una gota de agua; lo mismo se hace en dos pucheros de barro ó cosas semejantes. He aquí está todo pronto: ved si sucede lo que digo.

no siendo elásticos la cantidad del movimiento 6 con 4, que valen 10, se debia repartir igualmente en los 2 que irian con velocidad comun 5. Pero siendo la velocidad respectiva 2, solo la accion elástica es capaz de dar 2 grados de velocidad, uno á B hácia adelante, y queda con 6, otro á A hácia atras, el que disminuido de 5 restan 4.

Si un movil elástico con velocidad de 6 incurre en otro contrario con velocidad 4, volverán ambos hácia atras, trocadas las velocidades (Fig. 97). La razon es, por-

 que no siendo elásticos, destruyéndose de parte á parte

4 grados de velocidad, quedarán 2 en A para repartir igualmente entre ambos, y así quedaria la velocidad comun 1 hácia adelante: mas siendo elásticos, como hay velocidad respectiva 10, la accion elástica da 5 á cada uno; á *b* 5 hácia adelante, y por tener ya uno se queda con 6: al globo *a* dará 5 hácia atras; de estos se debe descontar 1 hácia adelante, y restan 4 hácia atras; esto hecho, quedan ambos con las velocidades trocadas, y de aquí sale esta regla general.

LEY Y CONCLUSION GENERAL. *Cuando los cuerpos elásticos son iguales en masa quedan con los estados cambiados despues del choque.*

Esto es, si el choque es de cuerpo movil con otro parado, el que incurre queda quieto y comunica al otro su velocidad. Si ambos iban hácia la misma parte, continuan cambiando las velocidades *por el efecto octavo*. Si iban hácia partes contrarias, vuel-

ven uno y otro atras rechazados; pero con velocidades trocadas *por el efecto noveno*.

EUG. — ¿Habeis dicho quanto hay que decir sobre el choque?

TEOD. — No; pero antes de continuar quiero hacer un esperimento curioso.

SILV. — Ya nos saldrá con una de las suyas.

§ VII.

Esperimento del palo roto encima de dos copas de vidrio sin romperse estas. Trárase del choque oblicuo.

TEOD. — Para sobrellevar la mortificacion que os habrán ocasionado estas materias que fatigan algo la cabeza quiero hacer una esperiencia curiosa. Hago que traigan dos copas de vidrio (Fig. 98); y despues de echarles dentro agua, he de poner un pedazo de palo que tenga lo menos dos palmos y medio ó tres de largo sobre los bordes de una y otra: habiendo hecho esto así, he de dar un golpe tal en medio del palo *acb* que le quiebre, sin que caigan

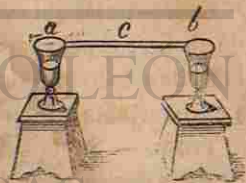


Fig. 98.

las copas en que estriba, ni se derrame una gota de agua; lo mismo se hace en dos pucheros de barro ó cosas semejantes. He aquí está todo pronto: ved si sucede lo que digo.

EUG. — Esperad un poco; ¿y con qué quereis dar el golpe?

TEOD. — Con este baston que es mucho mas grueso y fuerte.

SILV. — Vamos á la esperiencia, que me parece imposible no hagais pedazos las copas.

TEOD. — No tengais miedo; ahí va.

EUG. — No se puede dar cosa mas asombrosa; el palo que estaba atravesado se quebró y las copas quedaron derechas. Teodosio, la esperiencia es divertida, pero una cosa tan admirable me mortifica hasta saber la razon. Ya sé que con lo que me habeis enseñado debería hallarla, pero quiero que vos me la digais.

TEOD. — Cuando doy el golpe con el baston lo muevo con mucha velocidad: luego que da en el palo atravesado, una de dos, ó el palo se ha de quebrar, ó se ha de mover hácia abajo y llevar consigo las copas y el agua que está dentro de ellas, y esto con tanta velocidad quanto pide el baston que va velocísimo.

EUG. — Hasta ahí es cierto, porque el baston ó ha de quebrar el palo para pasar, ó ha de llevar por delante de sí todo lo demas que le embaraza el camino, y esto con tanta priesa cuanta es aquella con que él va.

TEOD. — Supuesto esto, el baston ha de hacer de estas dos cosas la que le costare menos y en que hallare menor resistencia. No siendo, pues, el palo que está atravesado muy grueso, mas facil es quebrarle con la velocidad con que va, que moverle á él, á las copas y al agua que está dentro.

TEOD. — ¿Y cómo probais eso?

TEOD. — Lo pruebo claramente: todo cuerpo que está quieto resiste en cierto modo al movimiento que le quieren dar, y para vencer esta resistencia es necesario que haya alguna fuerza en la persona que lo mueve, y tenemos ya que precisamente por este principio ha de haber alguna dificultad, bien que pequeña, para mover hácia abajo las copas, el agua y el palo que está atravesado: esta dificultad es mayor siempre que el cuerpo que está quieto tiene mas peso ó tiene mayor volumen, porque si tiene mayor peso, es preciso mayor fuerza para ponerlo en movimiento, y si tiene mayor volumen ha de vencer mayor resistencia del aire: de aquí procede que quanto mayores son las vasos, y quanto mas agua tienen dentro, mas facil y seguramente se hace la esperiencia, porque de este modo ya tenemos mas dificultad en dar movimiento á los vasos y al palo que está sostenido en ellos. Luego si hay dificultad quando le quisieren dar movimiento mayor; de aquí nace que para dar á una bala grande de hierro un movimiento tardo bastará vuestra fuerza, Eugenio; mas para darle un movimiento veloz no bastará: señal de que en esto hay mayor dificultad. ¿Estáis en estos principios?

EUG. — Sí, porque son evidentes.

TEOD. — Luego si quisiéremos dar á los vasos, al agua y al palo atravesado un movimiento tardo, ha de costar menos que si le quisiéremos dar un movimiento muy veloz, y por consiguiente quanto mas veloz viniere el baston que da el golpe, mayor dificultad ha de haber en comunicar ese mismo movimiento á todo lo que se le presenta delante. Añadid ahora, que habiendo

dificultad en dar movimiento á cualquier cuerpo, es mucho mas dificultoso darle todo ese movimiento en un instante que dárselo sucesivamente y poco á poco. Pruébese esto con una esperiencia bien facil: si en el juego de bolos cogiéreis una bola, y moviendo por veces el brazo la despidiéreis, fácilmente podreis arrojarla por todo el juego sin que molesteis vuestra mano: en este caso todo el movimiento que dais á la bola es poco á poco, porque en cuanto la bola está en la mano la vais dando mayor movimiento; de suerte que si el compañero por juguete os dió en el brazo cuando despediais la bola, lleva la bola mucho menos movimiento, señal de que es preciso conservarse mas tiempo en la mano para llevarlo mayor. Haced ahora otra esperiencia: poned esa misma bola parada en el medio del juego, y dadla un golpe con la mano con toda la fuerza, vereis como vuestra mano se molesta, y que no es bastante ese golpe para hacer correr la bola tanto espacio como antes corria; en lo que se ve claramente que vuestra fuerza, que basta para dar á aquella bola un determinado movimiento poco á poco, no es bastante para dárselo de repente y de golpe; luego es mas dificultoso dar un movimiento de repente que poco á poco.

EUG. — Teneis razon.

TEOD. — He aquí por qué digo yo que en nuestro caso mas facil es quebrarse el palo atravesado que moverse él, los vasos y el agua con una velocidad igual á la que trae el baston que da el golpe, porque para este movimiento es necesario vencer tres dificultades: primera, la que hace cualquier cuer-

po que está parado por causa de su peso; segunda, porque el movimiento que se le quiere dar es velocísimo; tercera y principal, porque es movimiento que se ha de dar de repente y de golpe, para lo que habeis visto se pide mucha mayor fuerza; y como el baston, ó ha de comunicar este movimiento así, ó ha de quebrar el palo atravesado, siéndole facil quebrar el palo con la fuerza del golpe, y habiendo de abrir camino del modo que cuesta menos, quiebra el palo y no mueve los vasos; y no moviéndose los vasos, no pueden caer ni derramarse el agua.

SILV. — De tal suerte armáis vuestras cuentas que todo os sale justo; pero yo, Teodosio, os confieso que no puedo persuadirme á que sea esta la causa.

TEOD. — Tambien no os podiais persuadir del efecto, y visteis con vuestros ojos que era como yo decia: ¿quereis ver mas claramente como esto procede de la velocidad con que se mueve el baston para dar el golpe? Pues reparad. Si yo pusiere levemente el baston sobre el palo que está atravesado y fuere cargando, luego caen las copas; lo mismo sucede si yo diese un pequeño golpe, porque en estos casos como el baston no va tan de priesa, y para llevar delante de sí el palo y las copas tampoco es necesario moverlas tan de priesa, ni darle un movimiento tan grande, hay por lo mismo menos dificultad, y menos fuerza le basta para esto: de este modo mas facil le será mover todos esos obstáculos que quebrar el palo. Por tanto para salir la esperiencia como se desea es preciso que el golpe sea grande, y que el baston con que damos el golpe

sea mas recio que el palo atravesado, y que este no sea tan fuerte que no se pueda quebrar con el golpe. Esta misma esperiencia se puede hacer atravesando el palo y poniendo sus estremidades sobre los dedos de dos personas, y es la misma razon, como tambien de otros efectos semejantes; por lo mismo si á una de estas veletas ó banderillas de metal que se colocan en las agujas ó alto de las torres para señalar de donde corre el viento, se le tirase de cerca con una bala despedida de una escopeta pasará la banderilla de parte á parte sin moverla; si disparásemos tambien una pistola con bala contra un vidrio plano hará un agujero redondo sin quebrar el vidrio, y todo es por la misma razon, porque es mas facil llevar aquel pedazo de banderilla ó vidrio solamente, que mover la otra porcion de la banderilla, ó vidrio con la velocidad proporcionada á la de la bala.

SILVIO. — Ya veo que la velocidad es de una influencia grande en el efecto, pero no acierto aun porque esta diferencia de velocidad rompe el palo sin los vasos, y agujerea el vidrio sin quebrarlo en estrella como sucede comunmente.

TEOD. — Si en vez del pistoletazo diese contra el vidrio una puñada se rompería, como decís, porque en este caso las moléculas del vidrio se reparten el choque, al cual, como no pueden resistir, se rompen en muchas partes; pero cuando la bala le hiere las moléculas heridas directamente no tienen tiempo de comunicar á las demas el golpe recibido; ellas solas cargan con él, y como la fuerza de la bala es sumamente superior á la de cohesion de las

partículas chocadas, se arrancan estas violentamente de sus compañeras que no participan de su movimiento. Lo mismo sucede con un golpe descargado contra el ángulo de una peña que hace saltar un pedacito; la fuerza con que están impelidas las moléculas de este pedacito no les da tiempo de que la repartan entre las demas y se las lleva.

SILV. — Vamos, no os esforzeis mas; quedo convencido.

EVG. — Lo que es á mí no me cabe ninguna duda, y ahora veo porque ciertas balas muertas en el campo de batalla causaban muchas veces mas estrago que algunas tiradas á boca de jarro, y porque cierto dia una bala de cañon agujereó una puerta de un fuerte que yo defendía sin que la puerta se moviera, siendo así que bastaba el menor empuje para que girase sobre sus goznes.

TEOD. — Ya que ambos á dos estais penetrados de esta verdad, pasemos á otra clase de choques. Ya sabeis que cuando dos causas concurren á dar movimiento al mismo cuerpo, y no por una misma linea, resulta un movimiento compuesto de las dos direcciones, y que el modo de conocer la linea que el movíl seguirá es formar de las dos direcciones primitivas Ab Ac (Fig. 99) los lados de un paralelogramo, cerrarle con otras lineas paralelas iguales á las primeras y la diagonal AZ será la direccion que pretendemos hallar. Mas para resolver el movimiento hay otra

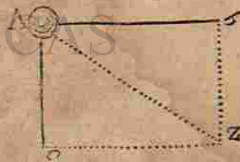


Fig. 99.

doctrina que tiene su diferencia, porque no es cosa libre resolverle en las direcciones que se quieran, sino que debe ser siempre en las direcciones simples y totalmente estrañas entre sí, de suerte que no comuniquen, esto es, que una de estas direcciones simples nada incluya de la otra direccion. Por esto siempre la linea del movimiento que se ha de resolver ha de

ser diagonal de algun paralelógramo rectángulo (Fig. 100). La razon es, porque si las dos direcciones *ab ac* no hacen ángulo recto, la una ayudará á la otra ó la encontrará, y así no se resolverá bien el movimiento en una diagonal.

No obstante esto, á cada uno le es libre resolver en lineas mayores ó menores, como en la (Fig. 101). La razon es, porque en la linea del movimiento AE (Fig. 102), que es la diagonal del rectángulo, puedo yo describir un semicírculo; pero á cualquier punto de ese semicírculo que yo tire lineas desde el punto A quedará el paralelógramo rectángulo, porque en la circunferencia del semicírculo todos los ángulos son rectos si se apoyan en el diámetro entero. Para determinarnos á trazar las lineas en que el movimiento se resuelve, debemos hacer una linea perpendicular al obstáculo del movimiento y otra paralela, porque solamente de este modo se

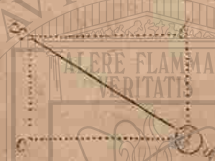


Fig. 100.



Fig. 101.

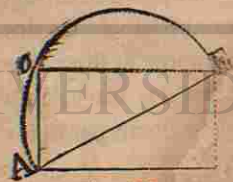


Fig. 102.

los ángulos son rectos si se apoyan en el diámetro entero. Para determinarnos á trazar las lineas en que el movimiento se resuelve, debemos hacer una linea perpendicular al obstáculo del movimiento y otra paralela, porque solamente de este modo se

resuelve bien el movimiento, para lo cual observé las leyes siguientes :

1ª Cuando la linea del movimiento es perpendicular al obstáculo fijo, se destruye el movimiento del todo y no se resuelve. La razon es, porque si la bala diere en pared frontera por una linea perpendicular, la misma razon hay para que vaya á la derecha que á la izquierda (Fig. 105); luego debe parar todo el movimiento si no hubiere alguna fuerza elástica que le haga resucitar.

IIª Cuando la linea del movimiento fuere oblicua al obstáculo fijo, el movimiento se destruirá en parte, y en parte se conservará, y por esto se resuelve (Fig. 104). La razon es, porque en la linea Ae oblicua al obstáculo se incluye alguna parte del movimiento particular Ab, y otra parte del paralelo Ao; pero todo el perpendicular quedará destruido por la ley antecedente: el movimiento paralelo Ao no tiene quien le destruya, porque un movil no puede tener accion sobre un obstáculo que está paralelo con él: para obrar contra el obstáculo ha de tener accion contra él, y no puede haber esta cuando es perfecto el paralelismo. Aquí se prescinde ahora del roce ó de la presion de la gravedad, y se habla de la linea del movimiento.



Fig. 105.



Fig. 104.

EUG. — Así no hay cosa mas facil que resolver un movimiento, dada la linea de este y la posicion del obstáculo. Tírese desde el movil A una perpendicular al obstáculo, y desde el punto *e*, en que el movil A herirá al obstáculo, se tira otra *eo*: la paralela *ao* entre las dos perpendiculares es el movimiento conservado; cualquiera de las perpendiculares es el movimiento perdido.

TEOD. — Si la linea es mas oblicua como en la (Fig. 105) se pierde menos movimiento, porque la perpendicular es menor, y se conserva mas, porque es mayor la paralela. Hagamos ahora aplicacion de estas leyes á la teórica de los golpes perpendiculares y oblicuos. Para dar á un cuerpo quieto el movimiento por esta linea ó por la otra se han de observar las leyes sacadas de las doctrinas que os dí, y son las proposiciones siguientes:

1^a Cuando el obstáculo B es herido por un cuerpo A, que da en él por una linea perpendicular á su superficie, deberá ceder por la misma linea AB (Fig. 106). La razon es, porque siendo este golpe perpendicular á la superficie *mn*, que es la tangente tirada por el punto del contacto, no hay mas razon para que ceda el cuerpo B inclinándose á una parte mas que á otra; luego debe seguir la misma linea del impulso, la que viene á ser ABC.

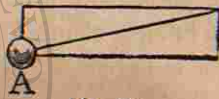


Fig. 105.

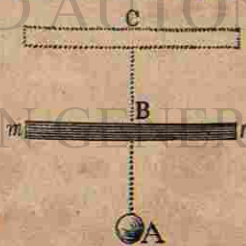


Fig. 106.

2^a Cuando un obstáculo es herido por un cuerpo que da en él por linea oblicua, respecto de su superficie debe ceder por una linea perpendicular á la superficie (Fig. 107). La razon es, porque siendo la

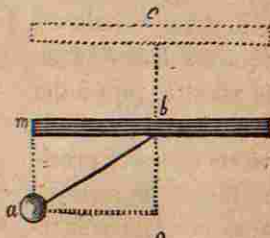


Fig. 107.

linea del golpe oblicuo á la superficie del obstáculo *b*, el movimiento debe resolverse en dos, uno paralelo *ao*, y este no tiene accion alguna sobre el obstáculo, el otro perpendicular *am*, ó bien *b* su igual, que es la que tiene toda su accion sobre el obstáculo; y de este modo, pues el obstáculo no recibe accion alguna sino por la linea perpendicular *ob*, debe ceder por la misma linea *obc*, segun la proposicion antecedente. La diferencia del efecto solo está en que siendo el golpe perpendicular, la accion es igual á toda la linea *ab*; pero como es oblicuo, la accion solamente será igual á la linea *ob*, y por esto cuanto mas inclinada sea la linea del golpe ó del incurso, tanto menor será la accion sobre el obstáculo. De esta doctrina se saca la verdadera razon de muchos efectos que vemos, y de los que no todos saben la causa.

En el billar cuando la bola da oblicuamente en el borde, (Fig. 108.) este solamente tiembla, y recibe el golpe corres-

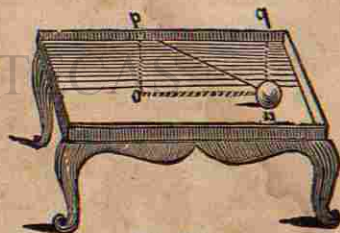


Fig. 108.

pondiente á la perpendicular tirada desde el borde *pq*, hasta llegar á la paralela *ao*, tirada por el centro de la bola.

Supongamos que jugando al billar (Fig. 109) queremos que la bola del contrario *R*, herida por la nuestra, vaya á dar al punto *o*: ya se advierte que será preciso tocarla de soslayo; pero no sabemos la regla cierta, y jugamos á lo que salga. Es preciso, pues, obrar con seguridad, y se hace así: Sea el punto *o* á donde haya de ir á dar la bola *R*: para que la bola *a* le dé el golpe conveniente, primero se debe tirar desde *o* la línea *oi*, que pase por el centro de *R*: por la superficie de la bola *R* tírese una perpendicular *mn*, que sirva de tangente á la bola. Ultimamente, en la línea *oi* nótese bien el punto *e*, que corresponde enfrente al centro de la bola *a* al tocar esta á *R* en el punto por donde pasa la tangente *mn*. Hecho esto, en dirigiendo la bola *a* por la línea *ae*, necesariamente la bola *R* ha de ir á dar en *o*. La razón es, porque *R*, herida oblicuamente por *a*, necesariamente ha de ceder por la línea *Ro*, que es perpendicular á *mn*, la cual pasa por el punto del contacto, conforme á lo probado en la proposición segunda.

Pongamos una vara como balanza con dos canderos y (Fig. 110) velas encendidas, cuyo humo se

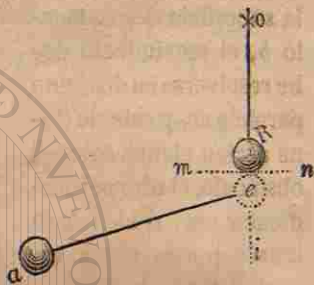


Fig. 109.

reciba en dos planos inclinados, bien que contrapuestos, de tal forma que el uno esté levantado hácia un lado de la balanza, y el otro al lado opuesto. El humo batiendo en un plano inclinado le hará mover hácia el lado; y como ambos están contrapuestos en tanto que *a* va hácia *e*, por la misma razón el humo de la otra vara hará ir el plano de *b* hácia *o*, y de este modo andará la balanza alrededor.

Hagamos una linterna, cuya cubierta sea formada de planos de oropel (Fig. 111), todos dispuestos como rayos que salen de un círculo menor concéntrico, y todos inclinados hácia la misma parte. Esté la tal linterna colgada por el centro ó con un cordón largo ó sobre una punta aguda. Póngasele debajo una vela encendida, y el humo que bate en los planos inclinados los mueve siempre hácia aquel lado, y la linterna dará vueltas sin cesar.

En los molinos de viento todas las velas se ponen, no paralelas al eje, sino inclinadas hácia la misma parte, pues el eje tiene cuatro varas más hácia adelante, y otras cuatro hácia atrás, y cada vela tiene atada una punta

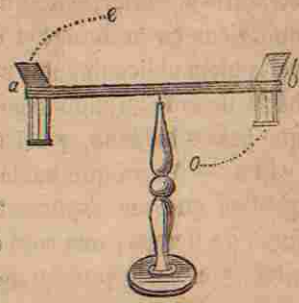


Fig. 110.



Fig. 111.

por delante en la vara, otra en la vara anterior, y otra en la posterior, para que de este modo el viento que viene en la direccion del eje cuando da en las velas hiera oblicuamente, y las obligue á moverse hácia un lado girando siempre como la linterna de que hemos hablado, y del modo que queda dicho.

EUG. — Ahora que hablais de molinos de viento quisiera que me esplicaseis (pues no me parece fuera de tiempo) una cosa que para mí es ininteligible, y es como pueden dos navíos con el mismo viento entrar y salir en un puerto, pareciendo cosa evidente que un viento no puede impeler los navíos hácia partes contrarias.

SILV. — Allí teneis dos navíos á la vela caminando uno hácia abajo, otro hácia arriba (Fig. 112).



Fig. 112.

TEOD. — Toda la causa de este efecto está en el modo de poner las velas. Primeramente habeis de llegaros conmigo aquí dentro á una mesa de trucos (Fig. 115), aquí estan dos bolas *ab*: si yo tirare con una bola *b* á la otra, de suerte que la dé bien de lleno, ha de moverla hácia adelante por linea recta *am*; pero si la diese por esta parte de acá *e*, ha de moverse esta bola hácia el lado de allá *c*, y por el

contrario, si yo la diese por la parte de allá *i*, ha de

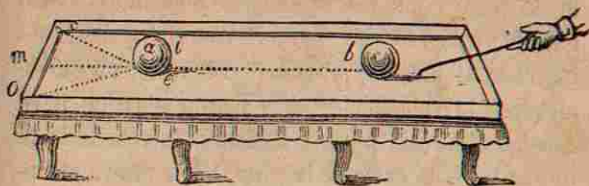


Fig. 115.

venir la bola á este lado de acá *o*. Haced la esperiencia que es facil.

EUG. — Así es en la práctica como decís.

TEOD. — De aquí saco una regla general, siempre que un cuerpo da en otro de lado no le mueve directamente hácia adelante; pero sí hácia el otro lado, como se ve en las bolas. ¿Quedamos en esto?

EUG. — No hay duda que es regla cierta y confirmada por la esperiencia.

TEOD. — Vamos ahora á ver como estan puestas las velas del navío A que va hácia abajo: la verga grande á que está atada la vela, y lo mismo digo de las demas, nunca está totalmente á lo largo de la nave, siempre está de algun modo atravesada, como veis en los dos navíos que tenemos delante de los ojos, mas ó menos segun está el viento; de suerte que una punta de la verga mas alta está hácia acá, y la otra punta está hácia la parte de allá. Supuesto esto, viniendo el viento de la parte de allá *c*, aunque encuentre el navío totalmente atravesado, nunca coge la vela de plano en el lleno, siempre la halla inclinada; y así conforme á la regla establecida no ha de mover la vela hácia el frente de sí derechamente

sino hácia el costado, y hacer la bolsa hácia la proa de la nave como estais viendo, y hácia esa parte hace el viento toda la fuerza. Como la vela está amarrada al mastil y al casco de la nave, no puede moverse la vela hácia parte alguna sin que lleve consigo el navío; por eso haciendo la vela toda la fuerza hácia la parte de la proa, hácia allí va el navío; y como la proa de este navío está vuelta hácia la barra, va andando el navío hácia abajo. En el otro navío B es la misma razon, porque aunque el viento le halle totalmente atravesado nunca coge las velas de lleno sino inclinadas; por lo mismo las ha de impeler no hácia enfrente de sí, sino hácia la parte de la proa, hácia donde hace la bolsa en la vela, y ha de mover el navío por el rio arriba, porque tiene la proa vuelta hácia arriba.

EUQ. — ¿Y por qué el viento no ha de mover la vela, y hacer la bolsa hácia la parte de la popa?

TEOD. — Porque los marineros de tal suerte inclinan la verga en que está sujeta la vela, que viniendo el viento de costado, como aquí sucede, dé y se detenga en la vela por la parte de atras, que es la que queda vuelta hácia la popa, y así siempre hace la bolsa hácia adelante ó hácia la proa: reparad en ambos navíos, y vereis que es así.

EUQ. — Ya entiendo, y veo que necesariamente ha de suceder así; pero tambien afirmo que si mudaren la verga al revés, de suerte que el viento dé en la vela por la parte anterior, el navío ha de recular.

TEOD. — Así ha de ser; mas siempre ha de tener mas dificultad para moverse por ser la popa mas ancha, y por eso menos proporcionada para dividir

el agua. Pero advierto que estando el viento de costado, como la bolsa de la vela no mira derechamente hácia la proa, tambien el navío no se mueve derechamente por la proa, antes siempre va declinando ó decayendo algun tanto hácia la parte contraria al viento; pero como para ir el navío hácia los lados tiene grande resistencia en la division del agua, por eso no declina tanto hácia el costado como habia de declinar si la embarcacion fuese redonda, y por cualquiera parte tuviese igual resistencia en la division del agua; de este modo la hechura de la embarcacion tambien contribuye para esto.

SILV. — Ese modo de explicar me satisface enteramente. Pero ahora quiero saber si esta es tambien la razon del movimiento que tienen las velas de los molinos; á mí me parece que no será muy diversa de la que disteis en los navíos.

EUQ. — Tambien es efecto que no se creará fácilmente antes de mostrarlo la esperiencia.

TEOD. — La misma razon concurre en uno y otro caso. Habeis de reparar que las velas del molino, aunque estan bien enfrente del viento, con todo cada una de por sí está inclinada; porque el eje en donde andan las velas tiene ocho varas, cuatro adelante y cuatro atras; cada vela se ata á dos varas, una punta se ata á una de las que estan delante, y otra á las que estan detras; y así aunque el eje de las velas está derecho al viento, siempre el viento coge las velas algun tanto inclinadas, y por eso siempre las hace andar hácia el costado; y continuando el movimiento andan las velas alrededor, como enseña la esperiencia.

EUG. — En los molinos ó rehilanderas de que usan los muchachos para su diversion no hay esas dos órdenes de varas.

TEOD. — Pero siempre milita la misma razon; voy á pedir uno de esos molinos que en casa no faltan... Aquí le teneis (Fig. 114.), reparad ahora : estas velillas estan presas por una parte; pero de la otra estan sueltas, aunque esteis bien en frente del eje, soplando las velas, la parte que queda suelta siempre se apartará hácia atras, y las velas quedan ya inclinadas respecto del viento; por tanto si continuais soplando no cogéis con el soplo estas velas de plano sino inclinadas, y así han de moverse hácia el costado, cada una hácia la parte que está sujeta; la de arriba *a* ha de moverse hácia una parte *b*; la de abajo *c* hácia la parte contraria *d*, y así ambas se mueven alrededor.

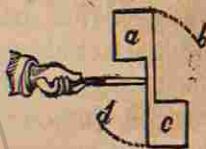


Fig. 114.

EUG. — Aun no he comprendido bien como sucede que inclinándose ambas á un tiempo con el soplo, una vela ha de ir hácia una parte y la otra vela hácia la otra.

TEOD. — ¿No veis que las velas no estan puestas ambas de la misma parte? Una está presa por la parte derecha, y tiene la izquierda suelta : la otra vela está al revés, tiene la parte izquierda presa y suelta la derecha; he aquí porque una va hácia la izquierda, otra hácia la derecha, porque las velas siempre se mueven hácia el lado que estan sujetas.

EUG. — Ahora comprendo la razon de diferencia.

y veo el motivo por que los muchachos siempre ponen las velas encontradas.

TEOD. — Antes que pasemos adelante quiero esplicaros cual es la razon por qué un pequeño timon puede mover y volver un navío muy grande, aunque vaya muy pesado con la carga; porque supongo que no sabeis la razon de este efecto.

EUG. — No ciertamente; y confieso que nunca esperé que en estas conferencias se tratasen cosas tan curiosas. Vamos á ese punto, y no me dilateis su explicacion.

TEOD. — Supongo que sabeis que los navíos, aunque por arriba sean muy anchos, abajo en la quilla son muy estrechos.

EUG. — Eso es cosa bien sabida, y se vé claramente cuando se construyen en los astilleros. (Fig. 115.).

TEOD. — Habeis de saber que el timon es una tabla *a*, que tiene unos ganchos para engancharse en la popa del navío, de suerte que se pueda mover á

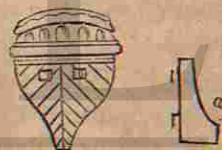


Fig. 115.

una y otra parte. Esto supuesto, mientras que el timon vaya en su lugar, sin moverse á uno ú otro lado, no hace embarazo alguno á la nave, así como lo veis en esos navíos que van navegando; pero supongamos que le torcieron hácia el lado derecho del navío : como el timon es abajo mas ancho que la quilla de la nave, ha de salir mas hácia afuera; por consiguiente ya la quilla de la parte derecha no ha de correr tan fácilmente por el agua como de la

parte izquierda; porque de la parte derecha tiene la tabla del timon que sobresale, y de la parte izquierda queda toda libre y desembarazada.

EUG. — Todo eso es cierto; ¿pero por que vuelve la nave?

TEOD. — Voy á dar la razon: si la quilla está mas desembarazada por la parte izquierda que por la derecha, es necesario que la parte izquierda corte el agua mas fácilmente; y por eso de esa parte ha de andar mas ligera que de la izquierda, por cuanto de la izquierda tiene el timon que ha de hacer algun embarazo al cortar el agua; y si la nave anduviere mas ligera de la parte izquierda, toda ella se ha de ir volviendo hácia la derecha.

SILV. — Eso forzosamente ha de ser así; porque muchas veces me sucede en Lisboa, cuando voy gobernando los caballos de mi silla volante, tropezar en otra ó en alguna esquina, y es cosa infalible que si tropezó la rueda de la derecha toda la silla se inclinó hácia allí; como al contrario toda se inclina hácia la izquierda si tropezó por esta parte.

TEOD. — Pues de ese efecto es la misma razon, porque la rueda que tropezó en la otra, ó quedó parada, ó por lo menos se movió mas despacio; al mismo tiempo que la otra que está libre, yendo el carruaje rápido, continúa moviéndose por algun tiempo aunque muy poco; pero es bastante para que el caballo que va delante se incline todo hácia la parte del embarazo. Lo mismo digo de la nave, con la diferencia de que en el navío es mas leve el embarazo; pero persevera mientras se hace fuerza al timon; por eso la nave siempre va volviendo po-

co á poco: lo que dije haciendo fuerza en el timon hácia la derecha sucede á proporeion haciendo fuerza hácia la izquierda de la nave.

EUG. — Eso se infiere naturalmente por la misma razon.

TEOD. — Ocupémonos ahora particularmente del movimiento reflejo que nace despues del choque.

EUG. — Creo que no me habeis dicho nunca qué cosa sea movimiento reflejo.

TEOD. — Movimiento reflejo es el movimiento con que una cosa despues de encontrar con otra vuelve hácia atras: ejemplo, si tirais una pelota á la pared vuelve hácia atras, el movimiento con que fué á la pared es directo; el movimiento con que vuelve hácia atras se llama reflejo.

EUG. — Lo entiendo claramente, proseguid.

TEOD. — Voy á ello.

§ VIII.

De las leyes del movimiento reflejo.

TEOD. — Vos, Eugenio, sabeis por esperiencia, que si yo dejase caer la pelota de la mano perpendicularmente sobre esta piedra plana y lisa, sabeis, digo, que acostumbra á saltar y reflectir por la misma linea ó por el mismo camino (Fig. 116).



Fig. 116.

parte izquierda; porque de la parte derecha tiene la tabla del timon que sobresale, y de la parte izquierda queda toda libre y desembarazada.

EUG. — Todo eso es cierto; ¿pero por que vuelve la nave?

TEOD. — Voy á dar la razon: si la quilla está mas desembarazada por la parte izquierda que por la derecha, es necesario que la parte izquierda corte el agua mas fácilmente; y por eso de esa parte ha de andar mas ligera que de la izquierda, por cuanto de la izquierda tiene el timon que ha de hacer algun embarazo al cortar el agua; y si la nave anduviere mas ligera de la parte izquierda, toda ella se ha de ir volviendo hácia la derecha.

SILV. — Eso forzosamente ha de ser así; porque muchas veces me sucede en Lisboa, cuando voy gobernando los caballos de mi silla volante, tropezar en otra ó en alguna esquina, y es cosa infalible que si tropezó la rueda de la derecha toda la silla se inclinó hácia allí; como al contrario toda se inclina hácia la izquierda si tropezó por esta parte.

TEOD. — Pues de ese efecto es la misma razon, porque la rueda que tropezó en la otra, ó quedó parada, ó por lo menos se movió mas despacio; al mismo tiempo que la otra que está libre, yendo el carruaje rápido, continúa moviéndose por algun tiempo aunque muy poco; pero es bastante para que el caballo que va delante se incline todo hácia la parte del embarazo. Lo mismo digo de la nave, con la diferencia de que en el navío es mas leve el embarazo; pero persevera mientras se hace fuerza al timon; por eso la nave siempre va volviendo po-

co á poco: lo que dije haciendo fuerza en el timon hácia la derecha sucede á proporeion haciendo fuerza hácia la izquierda de la nave.

EUG. — Eso se infiere naturalmente por la misma razon.

TEOD. — Ocupémonos ahora particularmente del movimiento reflejo que nace despues del choque.

EUG. — Creo que no me habeis dicho nunca qué cosa sea movimiento reflejo.

TEOD. — Movimiento reflejo es el movimiento con que una cosa despues de encontrar con otra vuelve hácia atras: ejemplo, si tirais una pelota á la pared vuelve hácia atras, el movimiento con que fué á la pared es directo; el movimiento con que vuelve hácia atras se llama reflejo.

EUG. — Lo entiendo claramente, proseguid.

TEOD. — Voy á ello.

§ VIII.

De las leyes del movimiento reflejo.

TEOD. — Vos, Eugenio, sabeis por esperiencia, que si yo dejase caer la pelota de la mano perpendicularmente sobre esta piedra plana y lisa, sabeis, digo, que acostumbra á saltar y reflectir por la misma linea ó por el mismo camino (Fig. 116).



Fig. 116.

EUG. — Así lo tenemos observado mil veces.

TEOD. — Pues ahí teneis la primera ley del movimiento reflejo, y es esta: *todas las veces que una bola elástica cae perpendicularmente sobre un plano duro, reflecte por el mismo camino; y si reflecte por el mismo camino por donde fue tanto en la ida como en la reflexion hace los mismos ángulos con el suelo ó superficie b c.* Vamos ahora á dar la razon de esta ley como buenos filósofos.

EUG. — ¿Y cuál es?

TEOD. — La bola ó pelota, cayendo perpendicularmente sobre esta losa, trae un movimiento simple hácia abajo; á este movimiento se opone la piedra totalmente; digo que se opone totalmente, porque estando la piedra así no puede andar la pelota hácia abajo ni un punto mas: si la piedra estuviese algo inclinada, podria la pelota bajar alguna cosa mas rodando por la losa; pero como la losa está derecha, no puede absolutamente la pelota ir hácia abajo; ella, pues, no tiene algun otro movimiento sino el de la gravedad ú otro semejante con que fue hácia abajo; siguese de aquí que perdió todo el movimiento que llevaba, y que si no tuviere elasticidad quedó parada, como vereis si hiciéreis esperiencia con barro fresco.

EUG. — Pero nosotros vemos que la pelota salta hácia arriba.

TEOD. — Eso procede enteramente de la elasticidad. Con el golpe bien se sabe que se ha de comprimir la pelota, y ha de comprimirse la parte inferior que toca en la piedra; como tiene elasticidad

ha de hacer fuerza esa parte de la pelota para restituirse á su estado natural, esto puede ser, ó moviendo la losa hácia abajo (lo que es dificultoso), ó tirando con toda la pelota hácia arriba. Ademas de eso como la compresion se hace enteramente moviéndose la pelota perpendicularmente hácia abajo, la fuerza de la elasticidad ha de hacer enteramente el que se mueva la pelota por la misma linea hácia arriba, porque la pelota ha de restituirse á su estado natural por el mismo camino ó por la misma linea por donde la comprimieron.

EUG. — ¿Y tambien hay regla cierta en la altura á que ha de subir?

TEOD. — Si la pelota cae solo impelida de su peso, y tuviere elasticidad perfecta, ha de llegar á la misma altura de donde cayó.

EUG. — ¿Y por qué?

TEOD. — Porque si la elasticidad de la pelota es perfecta, ha de hacer tanta fuerza para restituirse cuanta fue precisa para ser comprimida: la fuerza que comprimió la pelota se mide por la altura de donde cayó; por eso cuanto mayor es la altura, tanto mayor es la fuerza del golpe que da en el suelo; luego tambien la fuerza que hace para restituirse se ha de medir por esta misma altura; y por lo mismo cuanto mayor fuere la altura mayor ha de ser la fuerza de la elasticidad.

EUG. — ¿Y cuando la pelota no tuviere elasticidad perfecta hasta donde ha de subir?

TEOD. — Nunca ha de llegar á la misma altura, ha de faltarle tanto cuanto falta á la elasticidad para ser perfecta. Notad ahora una cosa precisa: esta

misma ley, que como tengo dicho observa la pelota cayendo perpendicularmente, observa cualquier bola elástica, y esto bien sea cayendo hácia abajo ó bien yendo horizontalmente: me explicaré con la esperiencia. Venid acá dentro á esta mesa de trucos (Fig. 117). Supongamos que tirais aquella bola *a*

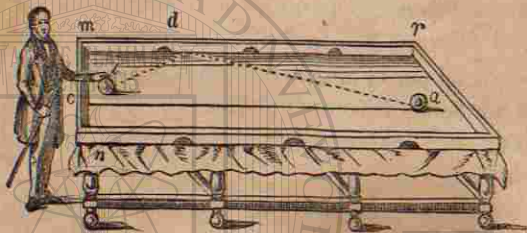


Fig. 117.

hácia esta barandilla de la mesa que la está enfrente *c* por una línea *ac*; que venga bien derecha á esta barandilla, sin inclinar mas á una parte que á otra; si la bola fuere por este camino, ha de reflectir por la misma línea: haced la esperiencia.

EUG. — Así es; retrocedió la bola por la misma línea, y ereo que aquí hay la misma razón que disteis cuando la pelota reflectia del suelo.

TEOD. — Es la misma; porque como la línea *ac* por donde se movió la bola es tambien perpendicular al plano ó barandilla *mn* en que dió, ha de seguir la misma ley: dije que era perpendicular al plano, porque no inclina mas á una parte que á otra, y siempre que sucede esto es la línea perpendicular, como os dije.

EUG. — Lo he entendido perfectamente: continuad.

TEOD. — Siguiese ahora la segunda ley, y es para cuando la bola no da en el plano perpendicularmente, sino por línea oblicua é inclinada: dice pues la segunda ley: *la bola cuando da en el plano por línea oblicua hace en la reflexion un ángulo igual al que hizo cuando dió en el plano.*

EUG. — Explicadme primeramente lo que dice la ley, y despues dareis la razón de ella.

TEOD. — Habeis de entenderme mejor, si antes de practicar la ley en este juego, la explicaré por pluma y tinta: aquí os dibujo en este papel una losa *ab* (Fig. 118): supongamos que esta bola *e* cae en la losa,

no perpendicularmente sino por esta línea oblicua é inclinada

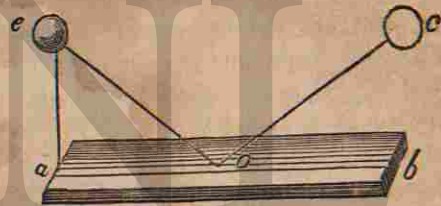


Fig. 118.

eo; bien veis que esta línea hace con el plano ó losa *ao* un ángulo agudo á la parte izquierda; ahora digo yo que ha de reflectir la bola hácia adelante por esta línea *oc*, porque esta línea hace con el plano *ob* otro ángulo agudo semejante al primero.

EUG. — Quereis decir, que ha de estar tan inclinada hácia la piedra la línea por donde la bola reflecte como estaba inclinada la línea por donde cayó; si es esto entiendo la ley. Vamos ahora á la razón de ella.

TEOD. — La razon es esta. La bola cayendo por linea oblicua lleva un movimiento mezclado de dos, porque juntamente baja y va andando hácia adelante, de suerte que cuando llega á dar en la piedra tiene bajados cuatro palmos (supongamos que esta es la altura de que cae), y tiene andada con movimiento horizontal hácia adelante la mitad del largo de la losa, que serán cinco palmos por ejemplo.

EUG. — Sea muy enhorabuena.

TEOD. — La piedra pues no embaraza el movimiento horizontal de la bola con que esta sigue su camino, solo impide el movimiento hácia abajo; por eso la bola cayendo de esta suerte siempre va adelante, ó rodando por la piedra ó saltando por el aire: por consiguiente la bola despues de dar en la piedra ha de conservar el mismo movimiento horizontal hácia adelante que hasta allí le tenia; y si la bola no fuere elástica ni la piedra, ha de ir rodando por la piedra adelante.

EUG. — Todo eso es cierto.

TEOD. — Ahora bien, la elasticidad hace subir la bola hácia arriba tanto cuanto ella bajó, como os hice ver en la primera ley; si ella bajó de la altura de cuatro palmos, como hemos supuesto, tambien ha de subir á la altura de cuatro palmos; tenemos pues que la bola, despues del golpe, ha de subir cuatro palmos, y que ha de andar hácia adelante tanto cuanto hasta allí anduvo; si mientras que bajó anduvo cinco palmos hácia adelante, en tanto que sube ha de andar otros cinco tambien hácia adelante.

EUG. — Eso es natural que sea así.

TEOD. — Pues la bola no puede hacer esto sino reflectiendo por la linea *oc*; porque cuando llegare á *c* tiene subidos cuatro palmos, y andando hácia adelante la otra mitad de la piedra que tiene cinco palmos como la primera mitad.

EUG. — Ya sé la razon de una esperiencia bien ordinaria del juego de pelota; y es que cuando la pelota viene muy rastrera, tambien salta muy rastrera, y tanto, que es preciso bajarse uno mucho para darla: al contrario cuando viene muy alta y cae por elevacion, tambien da el salto muy alto y derecho hácia arriba, de suerte que casi sin bajarse uno se le viene á la mano naturalmente.

TEOD. — Aun por esta razon hablé de los ángulos iguales que ha de hacer con el suelo cuando cae y cuando reflecte. Vamos á ver ahora tambien esta ley practicada en el juego de truco (Fig. 447). Si estuviere una bola aquí en donde tengo el dedo *i*, podeis tirarla en derecha; pero á veces no puede ser por haber en el camino algun impedimento; suelen entonces los jugadores diestros tirarla de este modo; tiran á aquella tablilla *d*, que es dura y elástica, y dirijen con fuerza la bola *a*, y por reflexion viene infaliblemente á dar en esta *i*.

EUG. — ¿Eso es infalible?

TEOD. — Hacedlo y lo vereis; pero poned cuidado en que vuestra bola *a* dé en el sitio *d* que os dije, pues á poco que se desvíe puede ser que no deis en mi bola.

EUG. — Ahi va... acerté. Vamos ahora á saber la razon.

TEOD. — Es la misma de la pelota. La linea *di*,

por donde reflecte la bola, hace con la barandilla de la mesa de la parte de acá *dm* un ángulo igual al que hizo con la misma barandilla de la parte de allá *dr* la línea *ad* por donde dirigisteis la bola; y como la bola ha de reflectir por una línea que tenga esta circunstancia, por eso reflecte por *di*, y viene de este modo á dar en mi bola *i*.

SILV. — Habéis discurrido escelerentemente; y entrambos habéis dirigido la esplicacion hácia el juego de que gustais, Eugenio al de pelota, y vos al de trucos; ¿tendrá tambien lugar esta doctrina en el juego de bolos que es aquel en que yo suelo divertirme?

TEOD. — No digais eso burlando, porque tambien en él se ven las mismas leyes....

SILV. — No os molesteis mas, pues así lo considero; pero á mí, despues de haber oido esas doctrinas de geometría, pareceme que he de ser tan mal jugador como era hasta aqui.

TEOD. — En estas materias vale mas la esperiencia que toda la especulacion; que ya no se ve bien.

Ahora solo restan unas consecuencias, que naturalmente se siguen de las dos que hemos establecido: yo os prometo que en los dias que se siguen vereis copioso y suavísimo fruto del trabajo que hoy tuvisteis.

EUG. — ¿Y cuales son esas leyes de movimiento que nos faltan?

TEOD. — No son otras leyes: son estas mismas aplicadas á algunas circunstancias especiales. Hemos dicho, Eugenio, que si una bola cayere per-

pendicularmente reflecte hácia arriba por la misma línea.

EUG. Así lo dijisteis.

TEOD. — Luego si cayeren muchas bolas á plomo y emparejadas sobre una piedra lisa y plana, han de reflectir todas por las mismas líneas por donde cayeron, porque cada una de ellas cae perpendicularmente.

EUG. — Así es, en esto no puedo tener duda.

TEOD. — Bien está; vamos adelante: hemos dicho en la segunda ley, que si una bola cayese oblicuamente sobre una piedra habia de reflectir, haciendo en la reflexion un ángulo igual al que hizo cuando cayó. ¿Os acordais de esto?

EUG. — Bien me acuerdo de esa ley, y de la razon con que la confirmasteis.

TEOD. — Permitidme ahora hacer un dibujo, porque sin la práctica no podemos fácilmente hacer la esperiencia ni observar lo que es preciso (Fig. 119).

Esto que aquí abajo he dibujado es una losa lisa y plana. Si tiráremos con esta bola *A* hácia abajo por esta línea *Am*, ha de reflectir por la línea *ma*: ¿estais en esto?

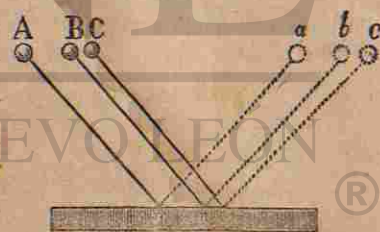


Fig. 119.

EUG. — Estoy.

TEOD. — Infero ahora: luego si vinieren tres bolas emparejadas, esto es, con igual inclinacion hácia la piedra, v. g., como se finge que vienen estas

tres bolas ABC, tambien han de reflectir por líneas que sean igualmente inclinadas á la misma piedra, como son estas líneas de puntos *ma*, *nb*, *oc*; de suerte que la bola A va á parar á *a*, la bola B á *b*, y la bola C á *c*, porque de cada una de las bolas hemos de decir lo mismo que de la bola A.

EUG. — Así debe ser, porque no hay mayor razon para reflectir una con igual inclinacion á la que trajo, y las otras no.

TEOD. — De aquí se sigue que despues que las bolas reflecten, quedan entre sí con el mismo orden y distancia que tenian antes como aquí veis: la bola *b* queda mas cerca de *c* que de *a*, así como la sucedia antes de reflectir. Por tanto, regla general, todas las veces que el cuerpo donde se hace la reflexion es plano y liso, y las bolas vienen por líneas paralelas, quiero decir emparejadas, quedan despues de la reflexion con el mismo orden que tenian antes, solo con una diferencia, que es la única, y es, que antes de la reflexion venian hácia abajo, despues van hácia arriba.

EUG. — Bien está: no os canseis mas en esto, que lo entiendo perfectamente. Vamos á otras leyes.

TEOD. — Sigue ahora otra regla para conocer las líneas de reflexion que han de hacer las bolas cuando cayeren en cuerpos que no sean planos como los de que hablamos hasta aquí, sino cóncavos ó convexos, porque entonces hay gran diferencia.

EUG. — ¿Qué cosa es cuerpo cóncavo ó convexo?

TEOD. — Cuerpo convexo es una bola por la parte de afuera: cuerpo cóncavo es una esfera hueca vista por la parte de adentro: esta taza con la que se

toma el té, vista por dentro, es cóncava y por fuera es convexa.

EUG. — Basta: ya lo entiendo: vamos ahora á saber como han de reflectir las bolas dando en una piedra convexa ó cóncava.

TEOD. — Aquí no tenemos piedras de esta figura para hacer la esperiencia, valgámonos de pluma y tinta (Fig. 120): aquí está una piedra convexa *mnr*s: ahora digo: Si

cayeren muchas bolas á plomo todas emparejadas sobre esta piedra convexa han de reflectir separándose entre sí. Aquí dibujo tres ABC:

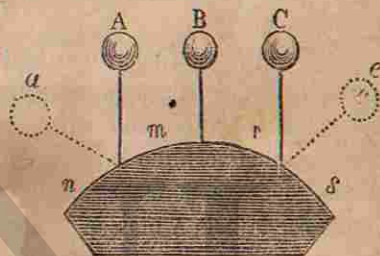


Fig. 120.

supongamos que todas caen hácia abajo por estas líneas que aquí señalé: en la reflexion ha de ir A hácia *a*, C hácia *e*, y B ha de volver por el mismo camino.

EUG. — Es notable esa ley: venga la razon.

TEOD. — Primeramente B cae perpendicularmente sobre la piedra, porque no inclina hácia una parte mas que hácia la otra, y si cae perpendicularmente ha de volver por el mismo camino, porque no hay mas razon para reflectir hácia una parte que hácia otra, siendo la línea por donde vino igualmente inclinada para ambos lados: por tanto, así como la pelota cayendo perpendicularmente sobre la piedra plana y lisa refleja por el mismo camino, como

mostramos en la primera ley, así debe reflectir de la piedra convexa ó concava, con tal que caiga perpendicularmente : quedemos en esto.

EUG. — Vamos á las otras dos bolas que mudan de camino.

TEOD. — La razon es porque no caen perpendicularmente en la piedra.

EUG. — Supongo que estais equivocado, Teodosio : todas estas bolas caen á plomo derechamente hácia abajo.

TEOD. — Eso sí; pero no basta que vengan á plomo para que caigan en la piedra perpendicularmente ; eso seria bastante si la piedra fuese plana ; pero vos bien veis que la piedra es convexa, y que su superficie va dando vuelta ; y así la linea por donde cae la bola A mas se inclina hácia la superficie *m*, que queda de la parte de arriba, que hácia la superficie *n* que queda de la parte de abajo ; y todas las veces que una linea no se inclina igualmente hácia ambas partes no es perpendicular. Poco há que os dije esto.

EUG. — Teneis razon : ahora me acuerdo.

TEOD. — Luego esta bola cae por linea oblicua, y por consiguiente ha de reflectir hácia el costado, y dirigirse al lugar *a*, porque la linea por donde reflectiere ha de tener tanta inclinacion á *n*, como la linea por donde cayó tenia á *m*, á causa de la igualdad de ángulos que ha de haber en la caida y en la reflexion de la bola.

EUG. — ¿Y la bola C hácia dónde decís vos que ha de ir ?

TEOD. — Hácia donde está señalada la *e* pequeña

por la misma razon, porque cuando da en la piedra halla ya la superficie inclinada, y por lo mismo cae oblicuamente, y ha de reflectir por la linea que va á parar al lugar *e*, porque esta es la que hace con la superficie *s* un ángulo semejante al que hace la linea por donde cayó la bola con la superficie *r*.

EUG. — Visto eso, solo la bola del medio cae perpendicularmente.

TEOD. — Así es, porque solo ella viene por una linea que tanto se inclina á una parte como á otra, y esto sucede siempre cuando muchas bolas emparejadas caen sobre el cuerpo convexo ó cóncavo.

EUG. — Tengo entendido lo que sucede en la piedra convexa : vamos á ver lo que sucede en los cuerpos cóncavos.

TEOD. — Sucede lo contrario, porque si las bolas caen por lineas paralelas sobre el cuerpo cóncavo, reflecten juntándose hácia el medio. Hagamos otro dibujo semejante (Fig. 421) : esta piedra *eioa* es cóncava : la bola *c*, que es la del medio, cae perpendicularmente, porque la linea por donde cae se inclina igualmente hácia ambas partes, y por lo mismo ha de reflectir por el mismo camino.

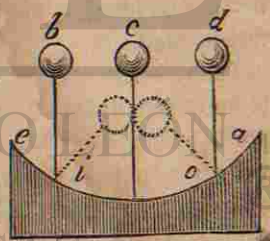


Fig. 421.

EUG. — En esa no hay duda : vamos á las otras de los costados.

TEOD. — La bola *b* aunque caiga á plomo hácia abajo halla inclinada la superficie de la piedra, y por lo mismo la linea por donde baja es oblicua

respecto de la superficie de la piedra, porque inclina mas hácia *e* que hácia *i*.

ERG. — Ahora ya comprendo la razon por que no ha de volver por la misma linea, y es porque da en la piedra oblicuamente, y no por la linea perpendicular.

TEOD. — Por lo mismo ha de reflectir por una linea que incline tanto hácia la superficie de la piedra *i*, quanto la linea por donde cayó inclinaba hácia la superficie *e*, para que queden iguales los ángulos; y como esta linea va á parar al medio, hácia allá ha de ir la bola despues de reflectir, y por la misma razon la bola *d* ha de reflectir hácia el medio, y así todas se han de juntar.

ERG. — Lo he entendido: el cuerpo convexo espere las bolas y el cóncavo las junta; pero es de admirar como en todos estos casos va siempre apareciendo el principio que quedó establecido, esto es, que el ángulo de la linea por donde la bola reflectía era igual al ángulo que hizo la linea por donde cayó.

TEOD. — Ese es el principio en que se funda todo lo que tengo dicho: de ahí nace el reflectir la bola por la misma linea si cayere perpendicularmente; y si cayere oblicuamente, mudar de linea, y buscar otra que tenga tanta inclinacion hácia la superficie del lado de allá, como tenia la linea por donde cayó respecto de la superficie del lado de acá.

ERG. — Ahí está en resumen la razon de todas las leyes que habeis explicado; ¿y qué os parecen á vos, mi doctor, estas cosas?

SILV. — A mí me parece muy bien que os que-

breis las cabezas por divertirlos con estas leyes de reflexion.

ERG. — En donde hallo mi instruccion allí tengo la diversion mas gustosa: aunque no he tenido estudios, no me considereis de espíritus tan flojos que me disguste el aprender solo porque cuesta algun trabajo.

TEOD. — Si no os conociere con paciencia bastante para estas cuestiones, bien podia omitirlas, porque aunque son precisas para la inteligencia de muchas que se siguen, con todo no son precisas para otras cosas con que nos podiamos entretener; mas juzgué conveniente preparar el camino para la respuesta de muchas preguntas que me habeis de hacer en adelante sobre varias materias.

SILV. — Tambien á mí me debeis ese concepto, Teodosio, de que no tratariais estos puntos tan dificultosos, á no ser muy conducentes para esplicarse y entenderse muchos efectos naturales.

TEOD. — Vamos ahora á tratar del roce.

ERG. — Espero que con lo que direis entenderé qué viene á ser el roce en fisica.

§ IX.

Trátase del roce y del movimiento vibratorio.

TEOD. — Cuando un sólido se mueve ya es por entre un fluido, como el agua, el aire, ya por otro sólido; en ambos casos halla cierta resistencia

respecto de la superficie de la piedra, porque inclina mas hácia *e* que hácia *i*.

ERG. — Ahora ya comprendo la razon por que no ha de volver por la misma linea, y es porque da en la piedra oblicuamente, y no por la linea perpendicular.

TEOD. — Por lo mismo ha de reflectir por una linea que incline tanto hácia la superficie de la piedra *i*, quanto la linea por donde cayó inclinaba hácia la superficie *e*, para que queden iguales los ángulos; y como esta linea va á parar al medio, hácia allá ha de ir la bola despues de reflectir, y por la misma razon la bola *d* ha de reflectir hácia el medio, y así todas se han de juntar.

ERG. — Lo he entendido: el cuerpo convexo espere las bolas y el cóncavo las junta; pero es de admirar como en todos estos casos va siempre apareciendo el principio que quedó establecido, esto es, que el ángulo de la linea por donde la bola reflectía era igual al ángulo que hizo la linea por donde cayó.

TEOD. — Ese es el principio en que se funda todo lo que tengo dicho: de ahí nace el reflectir la bola por la misma linea si cayere perpendicularmente; y si cayere oblicuamente, mudar de linea, y buscar otra que tenga tanta inclinacion hácia la superficie del lado de allá, como tenia la linea por donde cayó respecto de la superficie del lado de acá.

ERG. — Ahí está en resumen la razon de todas las leyes que habeis explicado; ¿y qué os parecen á vos, mi doctor, estas cosas?

SILV. — A mí me parece muy bien que os que-

breis las cabezas por divertirlos con estas leyes de reflexion.

ERG. — En donde hallo mi instruccion allí tengo la diversion mas gustosa: aunque no he tenido estudios, no me considereis de espíritus tan flojos que me disguste el aprender solo porque cuesta algun trabajo.

TEOD. — Si no os conociere con paciencia bastante para estas cuestiones, bien podia omitirlas, porque aunque son precisas para la inteligencia de muchas que se siguen, con todo no son precisas para otras cosas con que nos podiamos entretener; mas juzgué conveniente preparar el camino para la respuesta de muchas preguntas que me habeis de hacer en adelante sobre varias materias.

SILV. — Tambien á mí me debeis ese concepto, Teodosio, de que no tratariais estos puntos tan dificultosos, á no ser muy conducentes para esplicarse y entenderse muchos efectos naturales.

TEOD. — Vamos ahora á tratar del roce.

ERG. — Espero que con lo que direis entenderé qué viene á ser el roce en fisica.

§ IX.

Trátase del roce y del movimiento vibratorio.

TEOD. — Cuando un sólido se mueve ya es por entre un fluido, como el agua, el aire, ya por otro sólido; en ambos casos halla cierta resistencia

que es bueno examinar, mas por ahora no hablaremos sino del roce de un sólido con otro sólido. Advertid que hay dos especies de roce que llamamos del primero ó del segundo género. El roce del primer género es *cuando la misma parte movil va correspondiendo sucesivamente á diversas partes de otro cuerpo*, como cuando se lleva un fardo arrastrando por el suelo. El roce de segundo género es *cuando un cuerpo va rozando sobre otro*, como cuando una bola va sobre un plano liso. El roce del primer género es mucho mas fuerte que el del segundo, como muestra la esperiencia. Si quitando las ruedas, quisieramos arrastrar el coche, ¿cuanto mas costará á los caballos? En muchas partes se usa de unos carros sin ruedas que suelen llamar rastras, y sirven para llevar fardos ó pipas, etc.; y son como el rejado de un carro afirmado sobre dos maderos que son los que arrastran. La sencillez de este carro, que tiene una sola cuerda atada al yugo de los bueyes, es la que hace su utilidad: sirve para pequeña carga, y los maderos, como siempre han ido arrastrando por la calle, se dejan llevar con facilidad: cuando la carga es mayor las ruedas alivian mucho, porque pasa el roce á ser del segundo género.

Eug. — Yo sé una esperiencia constante que prueba lo que acabais de decir. Cuando se baja una montaña empinada mudan los cocheros el roce del segundo género en el primero; y para que el coche no cargue demasiado sobre los caballos atan la una ó las dos ruedas, de modo que no puedan rodar, sino solo dejarse arrastrar: con esta industria no

puede precipitarse el coche, porque el peso le hace ir arrastrando, á lo que tambien ayudan los caballos; pero en bajando la cuesta dejan las ruedas libres.

TEOD. — De aquí se infiere la razon de una cosa que pocos advierten: fuera de Portugal los carros tienen por lo comun como las ruedas de los coches, rayos que dan vuelta alrededor del eje: en Portugal (como no sea en la provincia de Alentejo) estan las ruedas sujetas y aseguradas al eje ¹, y este es el que da vuelta; pero así hace mayor resistencia en los carros que la que hacen las ruedas libres de los coches alrededor del eje: la que hacen los carros es increíblemente mayor que la de los coches, porque el roce es tanto mayor cuanto el grueso del eje escede al del eje de los coches: ademas de esto, estando sueltas las ruedas cuando el coche da vuelta, puede una rueda andar mas aprisa que la otra, puede una ir adelante cuando la otra anda hácia atras; nada de esto puede suceder en las ruedas fijas en el eje. Por esta razon me persuado á que con las ruedas sueltas los mismos bueyes podrian llevar doble carga si el eje la sufriera.

Eug. — Admirome de que siendo la diferencia tan notoria se use de unos carros tan poco cómodos.

TEOD. — No es esto sin fundamento: en países en que hay muchas bajadas son mejores nuestros carros, porque la dificultad del roce en el eje impide al carro para que no se precipite sobre los

¹ Lo mismo sucede en Galicia, Asturias y montañas, así de Leon como de Santander.

bueyes cuando bajan, y así se suple la diligencia de atar las ruedas. Es Portugal un país montuoso, fuera de la provincia de Alentejo, y por esto se usan entre nosotros en los carros ruedas, que entran fijas y de cuadrado en los ejes; en países llanos son más cómodos los carros de ruedas sueltas. Vamos ahora á las leyes del roce de primer género, que es este de que hablamos.

I^a *La resistencia del roce se aumenta en razon del peso que oprime al cuerpo movil contra el que está fijo.*

La razon es, porque no siendo los dos cuerpos matemáticamente lisos, cuando un cuerpo arrastra sobre otro entran las prominencias del uno en las cavidades del otro, y hasta que salen, ó venciendo los montecillos ó arrasándolos, no puede el movil seguir su linea; pero cuanto mayor sea el peso del movil más entran sus prominencias en las cavidades del plano en que roza, y más cuesta vencer las prominencias que á cada punto se ofrecen; luego cuanto mayor sea el peso del movil, mayor será la resistencia del roce. Por esto se untan los carros con sebo, pues con él se disminuye mucho el roce, porque se llenan muchas cavidades, y la escabrosidad de la superficie es menor; además de esto las partículas del sebo como menudos globos van rodando, y sirven como pequeños rodillos, así como se emplean grandes para llevar piedras. Para trasportar sin peligro piezas grandes y de hechura delicada, como son estatuas de piedra, etc., se valen de tablas lisas y sebo, haciendo deslizarse la tabla en donde va la estatua sobre la que está en el ter-

reno. Veamos si esta resistencia sigue exactamente la razon del peso.

EUG. — ¿Vais á hacer esperiencias? Bueno, esto es lo que más me gusta.

TEOD. — Pongamos un cilindro horizontal, cuyo eje montado sobre dos horquillas tenga una vara de hierro con su péndulo: las oscilaciones hacen andar el eje hácia una y otra parte: ato una cinta ó venda por debajo, y arrojándola sobre el cilindro ya cuelgo un peso, ya otro que sea mayor, y observo cuantas oscilaciones hace el cilindro echándole siempre desde una altura. Se observa con bastante exactitud que el número de las oscilaciones corresponde al peso en orden inversa, esto es, que doble peso da la mitad de las oscilaciones.

II^a *La resistencia del roce se aumenta muy poco por razon de la superficie.*

Pruébese con la esperiencia, porque si en la máquina precedente pongo una cinta ancha ó bien estrecha, si es el peso el mismo no por eso disminuye notablemente el número de las oscilaciones: la razon es, porque si es mayor el número de las partículas que rozan, como el peso sea el mismo se reparte por mayor número, y es menor la fuerza con que cada una oprime la superficie.

III^a *La resistencia del roce sigue la razon de la escabrosidad de las superficies.*

Bien escusada es la razon de esta ley por ser evidente: no obstante, es preciso advertir que tal vez por pulir demasiado las dos superficies se aumenta el roce, por cuanto en virtud de la cohesion de las partículas de la materia cuando dos superficies se

tocan mucho se pegan, como sucede en dos vidrios mojados, ó dos chapas de laton bien pulidas.

IV^a La resistencia del roce crece segun la velocidad.

Esta ley es muy importante y muy clara, porque si cuesta arrastrar un movil por un plano, haciendo que en un minuto encuentre con mil prominencias en la escabrosidad del plano, y que las venza, mucho mas habrá de costar que este mismo movil en el mismo tiempo halle y venza dos mil; pero arrastrando el movil con doble velocidad encontrará doblado número de prominencias; por consiguiente siendo dupla la velocidad, tambien será dupla la resistencia del roce.

Esto se confirma con la esperiencia: pongamos el cilindro horizontal, y montado sobre dos horquillas; trabajará en virtud del péndulo anejo á su eje: hagámosle una canal profunda, de forma que llegue á la mitad de su grueso, y echemos la cinta con el peso de que hablamos arriba, ya sobre el cilindro grueso, sobre esta canal profunda, veremos que cuanto mas delgado sea el cilindro oprimido con los pesos de la cinta, mayor es el número de las vibraciones por ser menor el roce. De aquí proviene que las ruedas pequeñas de los coches retardan mucho el movimiento por ser pequeñas, y cuanto mayores son menos la retardan, porque tienen que dar muchas vueltas alrededor de su eje, mientras las ruedas grandes dan una sola; y cuanto mas se aumente el número de vueltas en un mismo tiempo, mas se aumenta la velocidad; pero advierto que tal vez por ser grande la velocidad salta, dejando en claro mu-

chas prominencias, y por esto no crece exactamente la resistencia tanto como se aumenta el roce.

EUG. — ¿Qué decis á todo esto, Silvio, no tengo razon entusiasmándome por la fisica?

SILV. — En efecto, y lo que puedo aseguraros es que con razon ó sin ella os entusiamais de veras.

TEOD. — Ahora quiero daros algunos principios que os sirvan si quereis ser músico, así como os he dado para arquitecto y otros oficios.

SILV. — ¿No lo digo yo? tan extraordinario es el maestro como el discípulo; vamos andando ¿y qué vienen á ser estos principios?

TEOD. — Versan sobre el movimiento vibratorio de los sólidos, y ya era tiempo que hablásemos de ello porque hasta ahora solo nos hemos mirado los cuerpos movidos, de modo que sus moléculas mudaban en masa simultáneamente. Ocioso es que os esplique qué es un movimiento vibratorio ó una vibracion, puesto que hablando de la elasticidad os dije que se designaba con este nombre la agitacion, ó por mejor decir las idas y venidas sucesivamente mas cortas de un cuerpo que se habia doblado como la ballena ó vuestra espada. Así como hemos dicho que hablando con rigor todos los cuerpos son elásticos, así podemos decir tambien que todos son susceptibles de movimientos vibratorios; mas en los de poquísima ó poca estension estos movimientos no son sensibles á la simple vista. No podeis dudar que la hoja de vuestra espada es elástica y notáis claramente las vibraciones de sus extremos, mas haced por ver las de la parte por donde encorvais el

acero, probablemente no percibireis semejante movimiento.

SILV. — En esto no cabe la menor duda.

EUG. — Por lo menos para mí es clarísimo.

TEOD. — Nuestro oído es un medio idóneo para apreciar las vibraciones de los cuerpos, porque estas se comunican al aire que vibra á su vez, y él nos las comunica al oído; pero tiene este medio sus límites, y cuando hablemos de las vibraciones del aire, que son lo que se llama sonido, ya veremos todo lo que hay que decir sobre el particular. Esta cuerda de guitarra, ó este alambre no tienen, ahora que se hallan en su estado natural, ni la apariencia de elasticidad; pero yo las pongo tirantes á lo largo, ¿veis como se prolongan? dejo de tirar; ya han vuelto á recobrar su longitud primitiva. Ya veis que estos cuerpos son elásticos; desde el momento que uno hace esfuerzos para dividirlos, tirándolos con cierta fuerza de tracción. Cuanto mas tenaz es un cuerpo, mas elástico se vuelve con los esfuerzos de tención que sobre él se hagan: el hierro, el cobre, las cuerdas de tripa, etc., son excelentes cuerdas de instrumentos. Para apreciar las vibraciones de las cuerdas ó sus sonidos, hay un instrumento muy sencillo que os voy á enseñar llamado *sonómetro* ó *monocordio* porque no tiene mas que una cuerda. Ahí tenéis esta caja de madera delgada como la de la guitarra con un agujero en la tapa. Aquí arriba se fija esta cuerda de tripa, que se pone vertical y tirante por este peso que tiene al otro extremo, el cual puede ser de media libra, de una, de cuatro onzas, en una palabra variable segun se quiera; luego es-

tas pinzas que son tambien movibles, fijan la cuerda por abajo. Aquí al lado hay esta escala que gradua las diferentes longitudes de la cuerda comprendida desde el punto fijo hasta el de las pinzas. Dispuesta esta cuerda como lo acabo de hacer, vais á ver que es susceptible de dos modos de vibraciones. Hago por separar de su direccion rectilinea la cuerda cogiéndola por el medio, y la abandono de repente á sí misma.

EUG. — En efecto vése como pasa rápidamente de un estado de curvatura al otro opuesto. Y tambien son isocronas estas oscilaciones disminuyendo rápidamente, llegando pronto la cuerda á recobrar su direccion primitiva y á quedar en reposo. Y me ha parecido que la cuerda era mayor en el centro en tanto que oscilaba.

TEOD. — Es porque entonces ya no podiais distinguir bien sus oscilaciones que eran sumamente rápidas. Toda la porcion de cuerda que os parecia mas gruesa se llama *vientre* de la cuerda y los puntos fijos *nudos*. ¿Teneis bien presente el sonido y modo de vibrar de esta cuerda?

EUG. — Sí, ha vibrado de un lado á otro; esto es, ha dado oscilaciones transversales y cierto sonido que no os esplico pero que lo podré comparar con otro.

TEOD. — Pues voy á poner las pinzas mas arriba y hago la misma operacion.

EUG. — El sonido es mas agudo ó mas alto y las vibraciones no son tan perceptibles.

TEOD. — Ahora pongo una cuerda mas gruesa.

EUG. — Da menos vibraciones, y el sonido es bajo.

TEOD. — Ahora voy á poner la primera cuerda y las pinzas á la misma distancia, pero el peso que determina la tension de la cuerda será menor.

EUG. — Tambien da menos vibraciones, y el sonido como el precedente es bajo.

TEOD. — ¿Qué consecuencias sacareis de todo lo que acabais de presenciar.

EUG. — Que la longitud, diámetro y tension de la cuerda influyen en sus vibraciones.

TEOD. — ¿Qué decís, Silvio, de esta lógica?

SILV. — Que es excelente.

TEOD. — Y con todo, no la ha estudiado: bien se ve que le es natural. En efecto, es así, Eugenio, y esta influencia tiene tambien sus leyes que me contentaré con haceros saber, bien que casi ya podriais adivinarlas. *I^a Cuando las cuerdas son iguales en diámetro y tension, el número de sus vibraciones en tiempos dados está en razon inversa de las longitudes.*

II^a Cuando las cuerdas son iguales en longitud y tension, el número de vibraciones en tiempos dados está en razon inversa de los diámetros.

III^a Cuando las cuerdas son iguales en diámetro y longitud, el número de sus vibraciones en tiempos dados está en razon directa de las raíces cuadradas de las tensiones ó pesos que las producen.

Fácilmente concebireis lo que acontece en las de una cuerda, considerando que la fuerza que la tiene en tension, esto es, el peso, es la verdadera potencia que determina las vibraciones y que esta po-

tencia debe poner en movimiento todas las moléculas de la cuerda, esto es, su masa entera. Luego, si la potencia es la misma, cada molécula tendrá menos velocidad cuanto mayor sea la masa, y si la masa es la misma, las velocidades deben ser como las raíces cuadradas de la potencia como sucede con el péndulo. Para apreciar las vibraciones nos valemos como he dicho del sonido, el cual es tanto mas alto, ó agudo cuanto mas rápidas son, y tanto mas bajas ó graves cuanto mas lentas. ¿Vos sabeis música, Eugenio?

EUG. — Un poco sé y punteo la guitarra.

TEOD. — Pues suponed que tal cual está la cuerda del monómetro la hago vibrar, y que el sonido que da en el punto por ejemplo se llama *ut*; ahora subo las pinzas hasta la mitad de la distancia que habia entre 4 y 8 y hago vibrar; el sonido que da se llama tambien *ut*, pero como es ocho puntos mas alto se llama *octava aguda*, y corresponde á velocidades dobles. Si en vez de subir la pinza al punto 8 la hubiese subido hasta el 5, el sonido hubiese sido otro, dicho *sol*, y así es como se puede hacer toda la escala.

EUG. — ¿Y todas las cuerdas pueden dar todos los sonidos posibles?

TEOD. — Alto ahí, Eugenio, si la cuerda es muy fina, solo dará sonidos graves prolongándola mucho y teniéndola muy floja, lo cual acarrearía muchos inconvenientes; si la cuerda es gruesa es muy difícil hacerla vibrar si es cortá y esta muy tirante. Ved ahí porque en todos los instrumentos de cuerda ponen muchas al lado las unas de las otras de dife-

rente diámetro. A mas de las vibraciones transversales parece que las cuerdas tirantes tienen otras vibraciones á lo largo, como serpenteando, que se llaman longitudinales, y los sonidos que producen son agudos. Podreis apreciar estas vibraciones pasando á lo largo de la cuerda los dedos en tanto que vibra. Coged esta crin, tiradla cogida con los dientes y los dedos de una mano, hacedla vibrar, y luego pasad por ella de arriba abajo el dedo.

EUG. — En efecto parece un poco torcida.

TEOD. — Este efecto pues lo debe á sus vibraciones longitudinales.

TEOD. — Ahora me ocurre haceros otro experimento no menos curioso sobre las cuerdas vibrantes. Pongamos el monocorde horizontal : ahora coloco estos puentecillos de papel encima de la cuerda, y notad que los blancos corresponden á unas divisiones que yo supongo en la cuerda anotadas en la caja del monocorde, y los negros entre los blancos : hecho esto hago vibrar la cuerda con este arco de violin.

EUG. — Curioso es el experimento : los puentecillos de papel negro han saltado y caido, mientras que los blancos no se han movido de su lugar. ¿Y de qué depende este efecto ?

TEOD. — De que los puntos donde se hallan los puentecillos blancos son los *nudos* de vibracion ; esto es, puntos donde la cuerda, vibrando, divide espontáneamente sus vibraciones, y los puntos que han lanzado los puentecillos negros son los *vientres* de la cuerda que moviéndose han hecho caer aquellos. Con esta figura que os trazo en la pizarra

lo vereis claramente. Sea A (Fig. 422.) la cuerda en

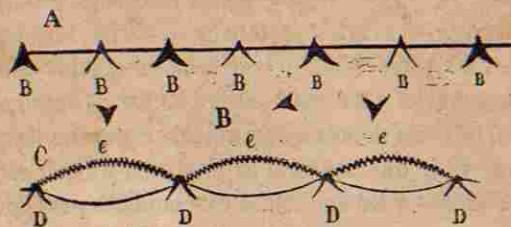


Fig. 422.

su estado natural BBBBBB los puentecillos, C la cuerda en vibracion, DDDD los puntos ó *nudos de vibracion*, EEE los vientres, ¿veis por lo tanto como se quedan fijos los puntos DDDD y en ellos los puentecillos blancos, y como vuelan los correspondientes á los vientres ?

EUG. — Lo comprendo claramente.

TEOD. — Pues esto es lo que hace toda cuerda : cuando vibra se divide espontáneamente en puntos que no vibran, que estan quietos, que dividen las vibraciones y vientres, que oscilan dando á la cuerda la figura que acabais de ver. Análogo es lo que sucede en las varas metálicas, y vamos á practicar-lo : aquí tengo esta que está aplanada, y pongo encima un poco de arena como quien la empolva, la hago vibrar rascándola con un arco. ¿Veis como se mueven por líneas curvas hácia ciertos puntos ? sigo vibrando.

EUG. — Mirad, Silvio, como se han amontonado en ciertos puntos y al fin ya no se mueven, sin duda se hallan en los nudos de vibracion, y en tanto que

se han movido han andado las curvas de los vientres.

TEOD. — Acertasteis, Eugenio, así ha sucedido, pues las varas sólidas, tienen también vibraciones transversales y longitudinales. Los físicos hacen varios estudios detallados para saber porque leyes, cómo y de qué manera se producen y rigen estas vibraciones, y les dejaremos este cuidado para decir solamente que cuando las varas sólidas vibrantes son curvas, los nudos de vibración se acercan y los sonidos son más graves. A esto se debe el instrumento de los físicos que se llama diapason (Fig. 125.) el cual consiste en una varilla de acero encorvada sobre sí misma, algo más allá del paralelismo de las dos ramas que pueden fijarse y tenerse derechas sobre un pie que se halla en su curvatura.

EUG. — Haced bien en explicarme este instrumento, porque más de una vez he visto al músico mayor de mi regimiento valerse de él para buscar el tono de sus instrumentos, lo cogía por el pie; introducía entre las dos ramas y cerca de su curvatura, un pedazo de hierro un poco más grueso que la separación de las ramas, de modo que tenía que hacer alguna fuerza para sacarlo; luego lo sacaba con empuje brusco y se oía un sonido al principio poco perceptible, pero que aumentaba mucho poniendo el diapason encima de un contrabajo. Hecho todo lo cual arreglaba



Fig. 125.

el tono de sus instrumentos por el sonido del diapason. Y en efecto el sonido era grave.

TEOD. — Todo lo que acabáis de decir es efectivamente lo que se practica, y el paso brusco del pedazo de hierro, siendo más grueso este que el espacio que separa las ramas, las aparta con violencia, las hace vibrar, y de aquí el sonido que resonando en la caja del contrabajo, es más perceptible por razones que á su tiempo vereis, y es más grave de lo que sería el de la barra recta, tan solo porque estando encorvada sus puntos ó nudos de vibración están más cerca.

EUG. — ¿Qué hora da vuestro reloj?

TEOD. — No es tarde, aun tenemos tiempo de acabar este punto esta tarde, y ya que el sonido del reloj nos ha interrumpido voy á deciros por que imita su campana perfectamente el sonido de una campana de iglesia. Ya veis que representa al exterior un cuadro, donde hay pintada una aldea y el campo: en el campanario de la aldea una muestra de su reloj, y cuando dan las horas se oye un sonido grave como si realmente fuese una campana de iglesia. Con todo no hay aquí dentro ninguna campana.

EUG. — Cuidad de explicarme su mecanismo, porque es otra de las cosas que quiero saber.

TEOD. — Es muy sencillo este sonido, está producido por un hilo de hierro encorvado en espiral, fijo por su centro y herido á poca distancia de su punto fijo. Su forma hace que sus nudos de vibración estén muy cerca, de aquí su sonido grave y que tanto se parece á una campana oída de un poco lejos. Va-

mos ahora á hacer algunos ensayos en pedazos de

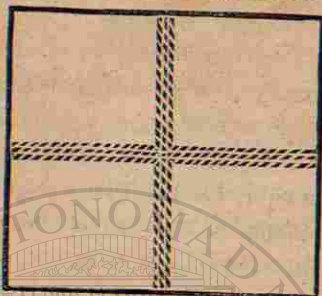


Fig. 124.

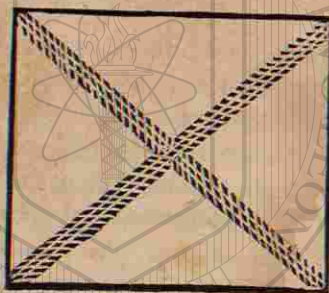
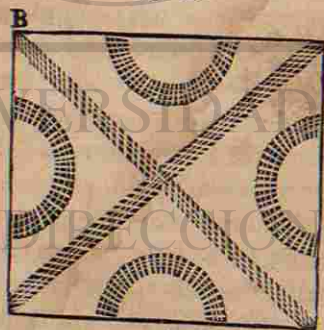


Fig. 125.



A
Fig. 126.

madera; tomemos este y frotémosle con el arco: este pedazo es cuadrado y está fijo por el centro; froto cerca uno de sus ángulos, pero antes quiero poner arena encima para que veamos su modo de vibrar ¿ois un sonido grave? y ved como se arregla la arena (Fig. 124.). Rasquemos ahora por el medio de uno de sus lados; ya se arregla de otro modo la arena (Fig. 125.). Hagámoslo de otro modo: paso el arco por este punto que llamaré B (Fig. 126.), y toco ligeramente con

esta otra chapa el punto A: ved como forma la arena cuatro curvas. Tomemos ahora una chapa circular fijémosla por el centro; tóquese por el punto A (Fig. 127.), y hagámosla vibrar por el punto B; la arena se acumula en el centro y hace seis rayos. Si toco la chapa por el borde y la hago vibrar muy cerca de este punto; ved como forma la arena una linea modal y un círculo (Fig. 128.).

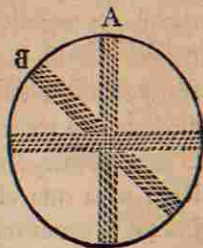


Fig. 127.

EUQ. — Sumamente curiosas son estas observaciones.

TEOD. — Si practicásemos algunos tanteos sobre la piel de los tambores veríamos igualmente efectos semejantes; mas basta de este punto y digamos algo sobre la trasmision de las vibraciones, la cual las aumenta mucho con respecto al sonido: así veis que cuerpos sonoros de pequeñísimo volumen como las cuerdas, atadas á cuerpos huecos, de paredes elásticas resuenan simultáneamente y refuerzan los sonidos primitivos. Los físicos han experimentado que las vibraciones se trasmiten de unos cuerpos á otros como el movimiento entre las bolas elásticas, y así había de ser, puesto que lo que se trasmiten es movimiento. Si considerais el cuerpo sólido que trasmite las vibraciones como herido en uno de sus cabos por una serie de pequeños choques, resultantes de las vibraciones del cuerpo primitivamente

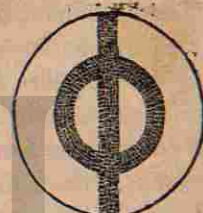


Fig. 128.

conmovidó, concebireis fácilmente que el primer choque se transmitirá de punto en punto á lo largo del cuerpo sólido; de modo que la última molécula sea la sola agitada, habiendo vuelto todas las demas al estado de reposo despues de haber comunicado el movimiento. Mas si el cuerpo sólido es bastante largo para que el segundo choque del cuerpo vibrante se produzca antes que el primero haya sido transmitido hasta el otro cabo, concebís que habrá en el cuerpo conductor dos partes en movimiento, separadas por un intervalo de reposo, y que hasta podrá hallarse un gran número de estos intervalos iguales á lo largo del cuerpo conductor. Estos intervalos que harán como verdaderas ondulaciones se les da el nombre de *ondas sonoras*. Claro está que estas ondas serán tanto menores cuanto mas rápido el movimiento ó mas agudo el sonido. Estas vibraciones se transmiten mas fácilmente al traves de un cuerpo sólido que al traves del aire, y mas al traves de un cuerpo segun la direccion de sus fibras longitudinales. Si os colocais al extremo de una larga viga y aplicais á ella el oido, percibireis claramente el ruido de un alfiler que rasque con su punta al otro cabo de la viga. Tambien oireis los batidos de un reloj poniéndolo entre los dientes.

EUG. — Todo esto es muy cierto, yo lo he observado muchas veces.

SILV. — En medicina hacemos uso de un instrumento que se llama *estetoscopo* para oir el ruido del aire en los pulmones y el de la sangre que pasa por el corazon, aplicándole sobre diferentes partes del pecho, con lo cual no deja de sacarse partido para

saber qué especie de enfermedad se padece y en qué punto se halla.

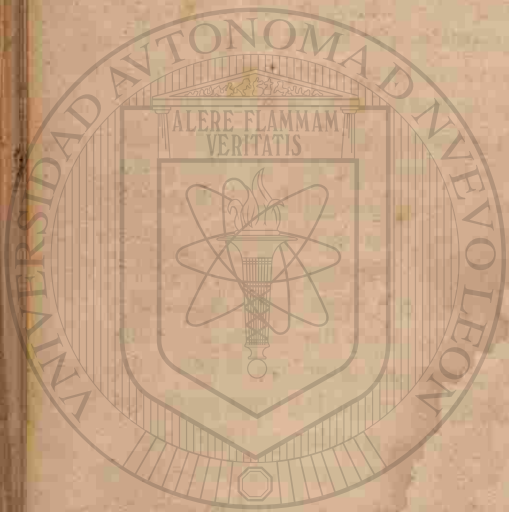
TEOD. — Si os parece podemos dar por acabada la conferencia de esta tarde que bastante larga ha sido.

EUG. — Os aseguro que me ha parecido muy corta.

TEOD. — Los asuntos que restan para los dias siguientes os han de parecer mucho mas breves, porque son materias mucho mas fáciles y gustosas. Sabed que habeis pasado todo el mal camino de la fisica; las leyes de la mecánica, que por otra parte son muy esenciales para el conocimiento de todas las ciencias físicas, son algo pesadas hasta tanto que se ve su aplicacion desembarazada de lo abstracto del cálculo; pero con lo que precede nos hemos abierto ancho, apacible y llano campo para lo sucesivo. Ya os puedo asegurar que sabeis todo lo que hay que decir acerca de las leyes generales aplicables á los sólidos, líquidos y aereiformes: hasta ahora ya habeis visto sus aplicaciones á los sólidos con las modificaciones relativas á su estado; en lo sucesivo examinaremos los líquidos, y finalmente los gases. Vámonos un rato á paseo y acompañemos á Silvio hasta la carretera.

EUG. — Espero que no dejará Silvio de asistir mañana á la conferencia sobre los líquidos. ®

SILV. — Y no esperais en vano, porque hay mucho que decir, y hemos de pelearnos con Teodosio.



TABLAS

DE

REDUCCION DE PESOS Y MEDIDAS.

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

REDUCCION

De las toesas, pies, pulgadas, metros, y decimales de metros.

toesas.	metros.	pies.	metros.]	pul.	metros.
1	1.94904	1	0.52484	4	0.02707
2	5.89807	2	0.64968	2	0.05414
3	5.84710	3	0.97452	3	0.08121
4	7.79615	4	1.29936	4	0.10828
5	9.74518	5	1.62420	5	0.13535
6	11.69422	6	1.94904	6	0.16242
7	15.64326	7	2.27388	7	0.18949
8	15.59229	8	2.59872	8	0.21656
9	17.54135	9	2.92355	9	0.24363
10	19.49037	10	3.24839	10	0.27070
20	58.98073	20	6.49679	11	0.29777
50	58.47710	50	9.74518	12	0.52484
40	77.96146	40	12.99358	15	0.55191
50	97.45185	50	16.24197	14	0.57898
60	116.94220	60	19.49057	15	0.40605
70	156.43256	70	22.73876	16	0.43312
80	155.92295	80	25.98715	17	0.46019
90	175.41529	90	29.23555	18	0.48726
100	194.90566	100	32.48394	19	0.51433
200	589.80752	200	64.96789	20	0.54140
500	584.71098	500	97.45185	30	0.81210
400	779.61464	400	129.93577	40	1.08280
500	974.51850	500	162.41972	50	1.35350
600	1169.42195	600	194.90566	60	1.62420
700	1564.32561	700	227.38769	70	1.89490
800	1559.22927	800	259.87155	80	2.16560
900	1754.15295	900	292.35549	90	2.43630
1000	1949.05659	1000	324.83945	100	2.70700
2000	5898.07518	2000	649.67886	200	5.41599
5000	5847.10977	5000	974.51850	500	8.12099
4000	7796.14656	4000	1299.35775	400	10.82798
5000	9745.18296	5000	1624.19716	500	13.53498
10000	19490.56592	10000	3248.39432	1000	27.06995

REDUCCION

De las lineas en milímetros.

REDUCCION

De los milímetros en lineas.

lin.	milim.	lin.	milim.	mil.	lineas.	mil.	lineas.
1	2.256	250	565.937	4	0.445	400	177.318
2	4.512	260	586.316	2	0.887	420	186.484
3	6.767	270	609.074	5	1.550	440	195.050
4	9.025	280	631.652	4	1.775	460	205.916
5	11.279	290	654.494	5	2.216	480	212.782
6	15.535	500	676.749	6	2.660	500	221.648
7	15.791	510	699.507	7	3.105	520	250.514
8	18.047	520	721.865	8	3.546	540	259.580
9	20.502	550	744.424	9	3.990	560	248.246
10	22.558	540	766.982	10	4.435	580	257.112
20	45.117	550	789.540	20	8.866	600	265.978
30	67.675	560	812.099	30	13.299	620	274.844
40	90.235	570	834.657	40	17.732	640	283.709
50	112.791	580	857.215	50	22.165	660	292.575
60	135.350	590	879.773	60	26.598	680	301.441
70	157.908	400	902.332	70	31.031	700	310.507
80	180.466	410	924.890	80	35.464	720	319.175
90	203.025	420	947.448	90	39.897	750	325.606
100	225.585	450	970.007	100	44.330	740	328.059
110	248.141	440	992.565	120	53.196	750	352.472
120	270.700	450	1015.125	140	62.064	760	356.905
150	293.258	460	1037.682	160	70.927	770	341.358
140	315.816	470	1060.240	180	79.795	780	345.771
150	338.374	480	1082.798	200	88.659	800	354.657
160	360.935	490	1105.356	220	97.525	820	365.305
170	383.491	500	1127.915	240	106.391	840	372.569
180	406.049	510	1150.475	260	115.257	860	381.255
190	428.608	520	1173.031	280	124.125	880	390.400
200	451.166	550	1195.590	500	152.989	900	398.966
210	473.724	510	1218.148	520	141.855	920	407.852
220	496.282	550	1240.706	540	150.721	940	416.698
250	518.841	560	1263.264	560	159.587	960	425.564
240	541.599	570	1285.825	580	168.452	980	434.450
250	565.937	1000	2235.829	400	177.318	1000	443.296

REDUCCION

De los centímetros y decímetros en pies, pulgadas y lineas.

centímet.	pies.	pul.	lineas.	centímet.	pies.	pul.	lineas.
1	0	0	4.433	55	1	0	11.154
2	0	0	8.866	56	1	1	5.587
3	0	1	1.299	57	1	1	8.020
4	0	1	5.752	58	1	2	0.452
5	0	1	10.165	59	1	2	4.885
6	0	2	2.598	40	1	2	9.518
7	0	2	7.051	41	1	5	1.751
8	0	2	11.464	42	1	5	6.184
9	0	5	5.897	43	1	5	10.617
10	0	5	8.550	44	1	4	5.050
11	0	4	0.765	45	1	4	7.485
12	0	4	5.196	46	1	4	11.916
13	0	4	9.628	47	1	5	4.549
14	0	5	2.061	48	1	5	8.782
15	0	5	6.494	49	1	6	1.215
16	0	5	10.927	50	1	6	5.648
17	0	6	5.560	60	1	10	1.977
18	0	6	7.793	70	2	1	10.507
19	0	7	0.226	80	2	5	6.657
20	0	7	4.659	90	2	9	2.966
21	0	7	9.092				
22	0	8	1.525				
23	0	8	5.958				
24	0	8	10.591				
25	0	9	2.824				
26	0	9	7.257				
27	0	9	11.690				
28	0	10	4.123				
29	0	10	8.556				
50	0	11	0.989				
51	0	11	5.422				
52	0	11	9.855				
53	1	0	2.288				
54	1	0	6.721				

decímetros.	pies.	pul.	lineas.
1	0	5	8.550
2	0	7	4.659
5	0	11	0.989
4	1	2	9.518
5	1	6	5.648
6	1	10	1.977
7	2	1	10.507
9	2	5	6.657
8	2	9	2.966
10	5	0	11.296

REDUCCION

De los metros en toesas, y en toesas, pies, pulgadas y lineas.

metros.	toesas.	metros.	toesas.	pies.	pul.	lineas.
1	0.515074	1	0	5	0	11.296
2	1.026148	2	1	0	1	10.592
3	1.559222	3	1	5	2	9.888
4	2.052296	4	2	0	5	9.184
5	2.565370	5	2	5	4	8.480
6	3.078444	6	5	0	5	7.776
7	3.591518	7	5	5	6	7.072
8	4.104592	8	4	0	7	6.368
9	4.617666	9	4	5	8	5.664
10	5.15074	10	5	0	9	4.960
20	10.26148	20	10	1	6	9.920
50	15.59222	50	15	2	4	2.88
40	20.52296	40	20	5	1	7.84
50	25.65370	50	25	5	11	0.80
60	30.78444	60	50	4	8	5.76
70	35.91518	70	55	5	5	10.72
80	41.04592	80	41	0	5	5.68
90	46.17666	90	46	1	0	8.64
100	51.5074	100	51	1	10	1.6
200	102.6148	200	102	5	8	5.2
500	155.9222	500	155	5	6	4.8
400	205.2296	400	205	1	4	6.4
500	256.5370	500	256	5	2	8.0
600	307.8444	600	307	5	0	9.6
700	359.1518	700	359	0	10	11.2
800	410.4592	800	410	2	9	0.8
900	461.7666	900	461	4	7	2.4
1000	515.074	1000	515	0	5	4.0
2000	1026.148	2000	1026	0	10	8.0
5000	1559.222	5000	1559	1	4	0.0
4000	2052.296	4000	2052	1	9	4.0
5000	2565.37	5000	2565	2	2	8.0
10000	5150.74	10000	5150	4	5	4.0

REDUCCION

De los metros en pies, pulgadas, líneas y decimales de la línea.

metros.	pies.	pul.	líneas.	metros.	pies.	pul.	líneas.
1	3	10	11.296	50	155	11	0.80
2	6	4	10.593	55	169	5	9.28
3	9	2	9.888	60	184	8	5.76
4	12	5	9.184	65	200	1	2.24
5	15	4	8.480	70	215	5	10.72
6	18	5	7.776	75	250	10	7.20
7	21	6	7.072	80	246	5	5.68
8	24	7	6.368	85	261	8	0.16
9	27	8	5.664	90	277	0	8.64
10	30	9	4.960	95	292	5	5.12
11	35	10	4.256	100	507	10	1.6
12	36	11	5.552	200	645	8	5.2
13	40	0	2.848	500	925	6	4.8
14	45	1	2.144	400	1251	4	6.4
15	46	2	1.440	500	1559	2	8.0
16	49	5	0.736	600	1847	0	9.6
17	52	4	0.052	700	2454	10	11.2
18	55	4	11.528	800	2462	9	0.8
19	58	5	10.624	900	2770	7	2.4
20	61	6	9.920	1000	5078	5	4.0
21	64	7	9.216	2000	6156	10	8
22	67	8	8.512	5000	9253	1	0
23	70	9	7.808	4000	12315	9	4
24	75	10	7.104	5000	15592	2	8
25	76	11	6.400	6000	18479	8	0
50	92	4	2.88	7000	21549	1	4
55	107	8	11.56	8000	24627	6	8
40	123	1	7.84	9000	27706	0	0
45	158	6	4.52	10000	50784	5	4

REDUCCION

De las toesas cuadradas y cúbicas en metros cuadrados y cúbicos.

toesas cuadr.	metros cuadrados.	toesas cúb.	metros cúbicos.
1	5.7987	1	7.4059
2	7.5975	2	14.8078
3	11.5962	3	22.2117
4	15.1950	4	29.6156
5	18.9957	5	57.0195
6	22.7925	6	44.4235
7	26.5912	7	51.8272
8	50.5899	8	59.2511
9	54.1887	9	66.6550
10	57.9874	10	74.0589
11	41.7862	11	81.4428
12	45.5849	12	88.8467
13	49.5857	13	96.2506
14	55.4824	14	103.6545
15	56.9812	15	111.0584
16	60.7799	16	118.4622
17	64.5786	17	125.8661
18	68.3774	18	155.2700
19	72.1761	19	140.6759
20	75.9749	20	148.0778
50	115.9625	50	222.4467
40	151.9497	40	296.4556
50	189.9372	50	570.4945
60	227.9246	60	444.2554
70	265.9120	70	518.2725
80	505.8993	80	592.5112
90	341.8869	90	666.5501
100	379.8744	100	740.5890
150	569.8115	150	1110.8856
200	759.7487	200	1480.7784
250	949.6859	250	1850.9726

REDUCCION

De los metros cuadrados y cúbicos en toesas cuadradas y cúbicas.

metros cuadr.	toesas cuadradas.	metros cúb.	toesas cúbicas.
1	0.2652	1	0.4531
2	0.5265	2	0.2701
3	0.7897	3	0.4052
4	1.0550	4	0.5403
5	1.5162	5	0.6753
6	1.5795	6	0.8104
7	1.8427	7	0.9454
8	2.1060	8	1.0805
9	2.3692	9	1.2156
10	2.6524	10	1.3506
20	5.2649	20	2.7015
30	7.8975	30	4.0519
40	10.5298	40	5.4026
50	15.1622	50	6.7532
60	15.7947	60	8.1038
70	18.4274	70	9.4545
80	21.0596	80	10.8051
90	25.6920	90	12.1558
100	26.5244	100	13.5064
150	59.4867	150	20.2596
200	52.6490	200	27.0128
250	65.8112	250	55.7660
300	78.9735	300	40.5192
350	92.1357	350	47.2724
400	105.2979	400	54.0256
450	118.4602	450	60.7789
500	151.6225	500	67.5321
600	157.9470	600	81.0583
700	184.2715	700	94.5449
800	210.5959	800	108.0513
900	256.9204	900	121.5578

REDUCCION De los pies cuadrados y cúbicos en metros cuadrados y cúbicos.				REDUCCION De los metros cuadrados y cúbicos en pies cuadrados y cúbicos.			
pies cuadr.	metros cuadrados.	pies cúbic.	metros cúbicos.	metros cuadr.	pies cuadrados.	metros cúbic.	pies cúbicos.
1	0.4053	1	0.05428	1	9.48	1	29.17
2	0.2110	2	0.06855	2	18.95	2	58.35
3	0.3166	3	0.10285	3	28.45	3	87.52
4	0.4224	4	0.15714	4	37.91	4	116.70
5	0.5276	5	0.17139	5	47.38	5	145.87
6	0.6334	6	0.20566	6	56.86	6	175.04
7	0.7386	7	0.25994	7	66.34	7	204.22
8	0.8442	8	0.27422	8	75.81	8	233.59
9	0.9497	9	0.30850	9	85.29	9	262.56
10	1.0552	10	0.34277	10	94.77	10	291.74
20	2.1104	20	0.68555	20	189.54	20	583.48
30	3.1656	30	1.02852	30	284.50	30	875.22
40	4.2208	40	1.37109	40	379.07	40	1166.95
50	5.2760	50	1.71386	50	473.84	50	1458.69
60	6.3312	60	2.05664	60	568.61	60	1750.45
70	7.3864	70	2.59940	70	663.58	70	2042.17
80	8.4417	80	2.74218	80	758.45	80	2333.91
90	9.4969	90	3.08495	90	852.95	90	2625.65
100	10.5521	100	3.42773	100	947.68	100	2917.39

En la construcción de las Tablas de reducción que preceden se ha empleado los valores siguientes:

Metro.	0.315 074 de toesa.
Metro cuadrado.	0.265 244 929 476 de toesa cuadrada.
Metro cúbico.	0.135 064 428 946 de toesa cúbica.
Toesa.	4.949 036 5942 metros.
Toesa cuadrada.	5.798 745 6558 metros cuadrados.
Toesa cúbica.	7.405 890 5450 metros cúbicos.

MEDIDAS AGRARIAS.

La pértica de aguas y bosques tenía 22 pies de lado; y contenía 484 pies cuadrados.

La fanega de tierra de aguas y bosques se componía de 400 pérticas de 22 pies; y contenía 484,000 pies cuadrados. La pértica de Paris tenía 18 pies de lado, y contenía 524 pies cuadrados.

La fanega de Paris se componía de 400 pérticas de 18 pies; y contenía 52,400 pies cuadrados ó 900 toesas cuadradas. Esta fanega es equivalente por lo tanto a un cuadrado de 50 toesas de lado.

La nueva unidad que se llama área y que pudiera considerarse como la pértica métrica, es un cuadrado de 10 metros de lado, que comprende 100 metros cuadrados.

La hectarea ó fanega métrica se compone de cien áreas, ó de 10,000 metros cuadrados.

	Pies cuadr.	Toesas cuadr.	Metros cuadr.
Pértica de las aguas y bosques.	484	15.44	51.07
Fanega id.	48400	1544.44	5107.20
Pértica de Paris.	524	9	54.19
Fanega de Paris.	52400	900	5418.87
Area.	947.7	26.52	100
Hectarea.	94768.2	2652.45	10000

REDUCCION

De las fanegas en hectáreas y de estas en fanegas.

Fanegas de 100 pérticas cuadradas de 18 pies lineares la pértica.		Fanegas de 100 pérticas cuadradas de 22 pies lineares la pértica.	
fanegas.	hectáreas.	fanegas.	hectáreas.
1.....	0.5449	1.....	0.5107
2.....	0.6858	2.....	1.0214
3.....	1.0257	3.....	1.5322
4.....	1.3675	4.....	2.0429
5.....	1.7094	5.....	2.5536
6.....	2.0515	6.....	3.0643
7.....	2.3932	7.....	3.5750
8.....	2.7351	8.....	4.0858
9.....	3.0770	9.....	4.5965
10.....	3.4189	10.....	5.1072
100.....	34.1887	100.....	34.0720
1000.....	341.8869	1000.....	340.7198

Reduccion de las hectáreas en fan. de 18 pies la pértica.		Reduccion de las hectáreas en fan. de 22 pies la pértica.	
hectáreas.	fanegas.	hectáreas.	fanegas.
1.....	2.9249	1.....	4.9380
2.....	5.8499	2.....	9.8760
3.....	8.7748	3.....	14.8140
4.....	11.6998	4.....	19.7520
5.....	14.6247	5.....	24.6900
6.....	17.5497	6.....	29.6280
7.....	20.4746	7.....	34.5660
8.....	23.3995	8.....	39.5040
9.....	26.3245	9.....	44.4420
10.....	29.2494	10.....	49.3800
100.....	292.4944	100.....	493.8020
1000.....	2924.9457	1000.....	4938.0204

CONVERSION

De los pesos antiguos en los nuevos.

gramos.	gramos.	libras.	kilog.
10	0.55	1	0.4895
20	1.06	2	0.9790
30	1.59	3	1.4685
40	2.12	4	1.9580
50	2.66	5	2.4475
60	3.19	6	2.9370
70	3.72	7	3.4265
		8	3.9160
		9	4.4056
dracmas.		10	4.8951
1	5.82	20	9.7901
2	7.65	30	14.6852
3	11.47	40	19.5802
4	15.30	50	24.4753
5	19.12	60	29.3704
6	22.94	70	34.2654
7	26.77	80	39.1605
8	30.59	90	44.0555
		100	48.9506
onzas.		200	97.9012
1	30.59	300	146.8518
2	61.19	400	195.8025
3	91.78	500	244.7529
4	122.38	600	293.7035
5	152.97	700	342.6541
6	183.56	800	391.6047
7	214.16	900	440.5553
8	244.75	1000	489.5058
9	275.35		
10	305.94		
11	336.53		
12	367.14		
13	397.75		
14	428.35		
15	458.94		
16	489.54		

CONVERSION

De los pesos nuevos en los antiguos.

gramos.	lib.	onz.	dr.	gr.	kilogr.	lib.	onz.	dr.	gramos.
1	0	0	0	49	1	2	0	5	55.45
2	0	0	0	58	2	4	1	2	70
5	0	0	0	56	5	6	2	0	55
4	0	0	1	5	4	8	2	5	69
5	0	0	1	22	5	10	5	5	52
6	0	0	1	44	6	12	4	0	67
7	0	0	1	60	7	14	4	6	50
8	0	0	2	7	8	16	5	5	65
9	0	0	2	25	9	18	6	4	28
10	0	0	2	44	10	20	6	6	64
20	0	0	5	17	20	40	15	5	55
50	0	0	7	61	50	61	4	4	47
40	0	1	2	55	40	81	11	5	58
50	0	1	5	5	50	102	2	2	50
60	0	1	7	50	60	122	9	1	21
70	0	2	2	22	70	145	0	0	15
80	0	2	4	66	80	165	6	7	4
90	0	2	7	58	90	185	5	5	68
100	0	5	2	44	100	204	4	4	59
200	0	6	4	21					
500	0	9	6	52					
400	0	15	0	45					
500	1	0	2	55					
600	1	5	4	64					
700	1	6	7	5					
800	1	10	1	15					
900	1	15	5	24					
1000	2	0	5	55					

El kilogramo, ó el peso de un decímetro cúbico de agua destilada considerada en su máximo de densidad y en el vacío vale 18827.45 granos.

La libra vale 9216 granos.

Así, libra..... 0.489505847 kilog.

Y kilogramo..... 2.042876519 libras.

REDUCCION

De los kilogramos en libras y decimales de la libra.

kilogr.	libras.
1	2.0429
2	4.0858
5	6.1287
4	8.4716
5	10.2145
6	12.2574
7	14.5005
8	16.5452
9	18.5861
10	20.4290
20	40.8580
50	61.2870
40	81.7160
50	102.1450
60	122.5740
70	145.0050
80	165.4520
90	185.8610
100	204.2900
200	408.5800
500	612.8700
400	817.1600
500	1021.4500
600	1225.7400
700	1450.0500
800	1654.5200
900	1858.6100
1000	2042.9000

REDUCCION

De los gramos en granos y decimales de grano.

grano.	gramos.
1	18.8
2	37.6
5	56.5
4	75.5
5	94.4
6	115.0
7	151.8
8	150.6
9	169.4
10	188.5
100	1882.7

REDUCCION

De los decigramos en granos y decimales de grano.

decigr.	gramos.
1	1.9
2	5.8
5	5.6
4	7.5
5	9.4
6	11.5
7	15.2
8	15.1
9	16.9
10	18.9

REDUCCION

De los hectolitros en sestarios y de los sestarios en hectolitros.

hectolitros.	sestarios.	sestarios.	hectolitros.
1	0.641	1	4.560
2	1.282	2	5.12
3	1.925	3	4.68
4	2.564	4	6.24
5	3.205	5	7.80
6	3.846	6	9.56
7	4.487	7	10.92
8	5.128	8	12.48
9	5.769	9	14.04
10	6.410	10	15.60
20	12.820	20	31.20
30	19.231	30	46.80
40	25.641	40	62.40
50	32.051	50	78.00
60	38.461	60	93.60
70	44.871	70	109.20
80	51.282	80	124.80
90	57.692	90	140.40
100	64.102	100	156.00

FIN DEL TOMO PRIMERO.



INDICE

DEL TOMO PRIMERO.

Discurso Preliminar.

TARDE PRIMERA.

En que se da á conocer el objeto de las ciencias naturales y se esponen los conocimientos preliminares de la física para la inteligencia de las materias sucesivas.

- § I. — Introduccion. 37
- § II. — Trátase del espacio, de la materia, de sus propiedades generales y de la estension en particular; espónese el sistema métrico, ó decimal. 51
- § III. — Trátase del volumen, masa y porosidad. 64
- § IV. — De la impenetrabilidad, movilidad y divisibilidad. 76
- § V. — Trátase de los cuerpos en general y de su division. 96
- § VI. — Trátase de lo que se entiende por fuerza, y de las fuerzas en general. 106
- § VII. — Trátase del movimiento y de sus diferencias. 127

TARDE SEGUNDA.

Continuáanse y dan fin las nociones generales de la física, tratándose de las leyes del equilibrio y movimiento, y de las fuerzas en particular.

§ I. — Trátase de las leyes del equilibrio.	145
§ II. — Trátase de las leyes del movimiento.	149
§ III. — Dase una idea de la atracción general, y se trata de la atracción planetaria en particular.	160
§ IV. — Trátase de la pesadez ó gravedad.	176
§ V. — Algunos experimentos sobre la pesadez ó gravedad : leyes que se sacan por consecuencia.	187
§ VI. — Trátase del peso absoluto y específico de los sólidos, de la fuerza con que cae el grave en el plano inclinado, comparada con la fuerza con que cae libremente : y de la combinación de la fuerza de atracción con la proyección.	206
§ VII. — Trátase de la adhesión de los sólidos y los líquidos.	219
§ VIII. — De la cohesión, atracción de composición, repulsión, fuerzas eléctricas y orgánicas, definición de la física.	254

TARDE TERCERA.

Aplicanse las nociones generales que hemos dado sobre la materia, fuerzas y movimiento á los cuerpos sólidos.

§ I. — Aplicanse á los cuerpos sólidos las propiedades generales de la materia.	246
§ II. — Trátase del peso de los sólidos y en especial de su pérdida de peso sumergidos en los líquidos.	260
§ III. — Trátase de la cohesión de los sólidos, y se explica qué cosa sea la tenacidad, la dureza y la ductilidad.	278
§ IV. — Trátase de la elasticidad y otras modificaciones de la cohesión de los sólidos.	287
§ V. — Trátase del centro de gravedad.	306
§ VI. — Del centro de gravedad imaginario y de los principios de arquitectura.	319

TARDE CUARTA.

Trátase de las máquinas que aumentan las fuerzas del hombre en sus que haceres y de los diferentes movimientos de los cuerpos sólidos.

§ I. — Trátase de la palanca y de la balanza comun.	335
§ II. — Esplicase la balanza romana y por ella las cuatro reglas y de tres: trátase de la tijera, de la tenaza, del plano inclinado y de la cuña.	355
§ III. — Trátase del cabestante, de los motones ó garruchas de la noria de mano y de la rosca ó husillo.	372
§ IV. — Trátase del péndulo.	390
§ V. — Sobre las leyes del choque y comunicación de fuerzas.	398
§ VII. — Experimento del palo roto encima de dos copas de vidrio sin romperse estas; trátase del choque oblicuo.	415
§ VIII. — De las leyes del movimiento reflejo.	435
§ IX. — Trátase del roce y del movimiento vibratorio.	449
Tablas de reducción y pesos y medidas.	469



NOEV
IOTEC