ORAUD

DE FISICA

INTRODUCCION

tomada de la

FISICA DE LEGRAND.

COMPENDIO DE LA HISTORIA DE LA FISICA,

TRADUCIDA PARA ESTA OBRA,

Por un pasante del Colegio Nacional de San Gregorio, bajo la direccion del editor.

Puede hacerse remontar el orígen de la Fisica á los Brachmanes, á los magos y á los sacerdotes del Egipto. En este pais es donde parece que debe colocarse la cuna de todas las ciencias.

La Física no era entonces el estudio de los fenómenos naturales que se presentan sin cesar á nuestra vista. Los físicos de aquella remota antigüedad, despreciando lo que era visible y cierto, quisieron conocer la naturaleza de las cosas; y lo que debe notarse, por otra parte, es que los filósofos que en una época mucho mas cercana á la nuestra, han querido esplicar esa naturaleza íntima de las cosas, no han hecho muchas veces sino reproducir en otros términos las opiniones emitidas por los antiguos; y Leibnitz, Descartes, Locke, Malebranche, Newton, Buffon mismo, al hablar de la Física general, han copiado algunas veces, palabra por palabra, á Pitágoras, Platon, Heráclito, Aristóteles etc.

Los Egipcios tenian menos conocimiento en la Física propiamente dicha que en la Astronomía: sin embargo, no ignoraban las virtudes atractivas y repulsivas del iman. Ha llegado á suponerse que la evocacion de sus muertos se practicaba con la fantasmagoria; si este hecho fuera cierto, resultaria que las combinaciones ópticas les eran familiares. Del Egipto las nociones adquiridas en Física pasaron á los griegos: entre estos Thales [640 años antes de J. C.] parece ser el primero que se entregára al estudio de la naturaleza. Lo que debe ponerse fuera de duda es, que despues comenzaron á cultivarse muchos ramos de las ciencias naturales en las escuelas de Pitágoras, de Platon y de los Peripatéticos que las estendieron en Italia, y de allí en toda la Europa. Sabios recomendables creen que Thales fué el primero que observo los fenómenos eléctricos producidos por el ámbar cuando se frota. Aun tuvo algunas nociones de la pyro-electricidad, que hoy ocupa tanto los espíritus, puesto que habia advertido que la turmalina elevada su temperatura, presenta fenómenos análogos á los del ámbar.

Pero Pitágoras (600 años antes de J. C.) debe considerarse como el primer físico de aquellos remotos tiempos, y en su hermoso sistema de la armonia de la naturaleza encontramos á cada momento, sobre la gravitacion y sobre la acústica, ideas que nunca han dejado de ser verdaderas. Escuchemos á Gregory y á Maclaurin que ponen las siguientes palabras en boca de este antiguo filósofo:

"Una cuerda de música, dice Pitágoras, da los mismos sonidos que otra de doble longitud, cuando la tension de esta última es cuádrupla; y la gravedad de un planeta es cuádrupla de la gravedad de otro que esté á una distancia doble. En general, para que una cuerda de música se ponga al unísono con una mas corta de la misma especie, su tension debe aumentarse en la misma proporcion que aumenta el cuadrado de su longitud. Y para que la gravedad de un planeta llegue á ser igual á la de otro mas cercano al sol, debe aumentarse á proporcion que el cuadrado de su distancia al sol es mayor. Si suponemos, pucs, unas cuerdas de música tendidas del sol á cada planeta, para que estas cuerdas lleguen á ser unísonas, seria preciso aumentar 6 disminuir su tension en las mismas proporciones necesarias para igualar las gravedades de los planetas (*).

Pitágoras descubrió tambien las propiedades de la octava, la cuarta y la quinta. Hé aquí como se dice que estableció las relaciones numéricas de estos tres intervalos. Oyó á unos herreros que estaban trabajando, y los sonidos de sus martillos daban la octava, la cuarta y la quinta. Entró á la herrería é bizo pesar los martillos; y habiendo aplicado á unas cuerdas tendidas por pesos estos nuevos tonos, formó el diapason diatónico de donde dedujo el chromático y el armónico.

Pero una cosa mucho mas curiosa por otra parte, es ver al mismo Pitágoras esplicar la vision, adivinar que la luz solar es el origen de los diversos colores que animan á los cuerpos. "Los colores, dice este gran genio, no son sino una reflexion de la luz modificada, de diferentes maneras." Plutarco (*), al hablar de los pitagóricos, refiere su opinion sobre la vision, y dice: "Muchos de entre ellos parecen pensar que la vision resulta de la accion de algunos rayos solares que cayendo sobre un cuerpo se introducen en él, y vuelven despues hácia el ojo." Estos mismos discípulos de Pitágoras daban la razon de la diferencia de los colores haciéndolos resultar de una mezcla de los elementos de la luz (†).

Pitágoras no tenía ideas menos rectas sobre este fluido infinitamente sutil, que verosímilmente llena el espacio inmenso en el que los astros verifican sus revoluciones. Diógenes de Laërcio y Herocles refieren que decia que "el aire que rodeaba nuestra tierra era impuro y heterogéneo; pero que el aire de las regiones superiores era puro y homogéneo: le llamaba ether libre exhausto de toda materia que penetra libremente los poros de todos los cue pos."

Las ideas de Platon (429 años antes de J. C.) sobre la Física fueron análogas á las de Pitágoras, y cuando se leen sus escritos sobre los colores, casi se llega á pensar que el inmortal Newton los tomó de modelo al trazar muchas páginas de su tratado de Optica; Plutarco le hace esplicarse así. "Los colores son efecto de la luz reflejada por los cuerpos: esta luz resulta de la reunion de pequeñas mo-

^(*) Gregorii astronomica elementa; Maclaurin sistemas de los filósofos, en un discurso preliminar á la filosofía de Newton.

^(*) Plutarco lib. 4 cap. 13.

^(†) Plutarco, lib. 1. cap. 15:

léculas proporcionadas al órgano de la vista" (*). El mismo dice en su Timeo: "El color no es otra cosa sino la luz emitida de los cuerpos, luz cuyas moléculas son á propósito para afectar el órgano de la vista (†)."

¡No se creeria leer á Newton que dice, lib. 3, cuest. 13 de su tratado de Optica: "Las diferentes sensaciones de cada color particular se escitan en nosotros por la diferencia de volúmen de las pequeñas partículas de luz de que está formado cada rayo; estas pequeñas partículas dan idea de los diversos colores, segun la vibración mas ó menos viva que afecta nuestros órganos?" Pero Platon avanza mucho mas; entra en numerosos detalles sobre la composicion de los colores: trata de investigar "cuales son los que deben provenir de la mezcla de los diferentes colores de que está compuesta la luz (‡)" y todos los detalles que refiere sobre este asunto, enumerando los tintes que resultan de las mezclas de ciertos colores, son absolutamente verdaderos.

Parece probable que aun antes de Platon, se conocian las propiedades de los vidrios cóncavos ó espejos ustorios, para concentrar la luz solar en un solo punto é inflamar los cuerpos colocados en él. Daremos como una prueba de esta asercion, un diálogo entre Sócrates y Strepsiades, sacado de la primera escena del segundo acto de una comedia de Aristófanes (Las nubes). Strepsiades, viejo estúpido, ha encontrado un medio de no pagar sus deudas, quemando las citas de la justicia que le presentaran. Hé aquí sus palabras: Strepsiades. ¡Has visto en casa de los droguistas esa hermosa piedra trasparente que sirve para prender fuego? Sócrates. Creo que quieres hablar del vidrio. Str. Justamente. Sóc. ¡Y bien! ¡qué quieres hacer con él? Str. Cuando me presenten una cita, tomaré una de esas piedras, y presentándola al sol fundiré desde lejos la cita (§).

Timeo de Locres, contemporáneo y discípulo de Platon, nos ha dejado escritos que prueban que si no fué él el primero que descubrió la electricidad, lo fué al menos en investigar la razon del fenómeno que los modernos atribuyen al fluido eléctrico; y queriendo dar razon de la propiedad de atraer los cuerpos del ámbar frotado, dice: "que es porque sale del ámbar una materia sutil (πρευματος un espíritu), por medio de la cual atrae á sí otros cuerpos (*)." No hemos encontrado en los modernos una esplicacion mejor de los fenómenos eléctricos. Por lo demas, hasta esto se limitan los conocimientos de los filósofos griegos sobre la electricidad.

Algunos libros de los antiguos fitósofos que han llegado hasta nosotros, prueban evidentemente que habia ideas limitadas, pero rectas, sobre la gravitacion universal, sobre las fuerzas centrípeta y centrífuga. Sabian que los astros describen curvas, que el movimiento curvilíneo es el resultado de la combinacion de dos fuerzas, una que tiende á hacerlos mover en línea recta, y otra segun una línea perpendicular, cuyo efecto combinado debe hacerles recorrer curvas.

Aristóteles [384 años antes de J. C.] reunió las ideas de Thales, de Pitágoras, de Platon, de Timeo de Locres; unió á ellas las suyas, y aun ahora debemos admirar la rectitud de sus opiniones sobre la materia y los cuerpos. Dice que los principios de los cuerpos son la materia, la privacion y la forma. La materia es el primer principio de todo, el objeto de todo; es indiferente á todo. La forma le es esencial para constituirla en alguna especie determinada. La privacion es lo que distingue á un ser de todos los que no son él. Así la materia es indiferente para llegar á ser rosal ó caballo; pero cuando llega á ser una de estas dos cosas, queda privada de lo que la haria oro ó diamante. Al mismo tiempo que Aristoteles reconoce que la materia puede moverse, dice sin embargo, que es indiferente al movimiento; que este no le es esencial; habia, pues, reconocido su inercia. No ignoró absolutamente la naturaleza del aire. Aun debemos pensar que habia presentido su gravedad y peso, supuesto que habla de una vejiga llena de aire mas pesada que una sin él (†). Tuvoideas sumamente rectas sobre el sonido. "El sonido, dice, resulta de las vibraciones del aire; y el eco consiste en la reflexion

^(*) Plutarchiis de placitis philosophorum.

^(†) Platonis Timæus, tom. 3, p. 67.

⁽t) Platonis Timæus, tom. 3, p. 68.

^(§) La cosa no era dificil, pues en aquella época se escribia en cera colocada sobre planchas de madera.

^(*) Timæus de Locres, editio Serrani, p. 102.

^(†) Aristóteles opera, Parisiis 1629, tom. 1, p. 490.

de este fluido, vibrando sobre una superficie cóncava." Al engañarse sobre la naturaleza del fuego, esplicó muy bien sin embargo la fusion de los cuerpos, diciendo: "que las partículas igneas funden los metales introduciéndose entre sus moléculas."

Architas, que fué contemporáneo de Aristóteles (398 años antes de J. C) puede considerarse como el padre de la física mecánica. Inventó la polea y el tornillo; y segun el dicho de Diógenes de Laercio, trabajó todo el tiempo de su vida en fundar una teoría de las máquinas. Arquímedes (287 años antes de J. C.) adicionó la nueva ciencia creada por Architas. Sus ideas sobre la estática de los cuerpos sólidos, fueron absolutamente rectas. Inventó las poleas movibles, y estableció ese principio incontestable de que no hay fardo que no pueda levantarse con ayuda de la palanca, ó elevarse del suelo multiplicando las poleas. A Arquímedes pertenece tambien la invencion del tornillo sin fin. Pero el descubrimiento que pone el colmo á su reputacion, es el del peso específico de los cuerpos. Al sumergirse en el baño notó que desalojaba un volúmen de agua igual al de su propio cuerpo, y valiéndose de este dato construyó la balanza hidrostática. Todos saben el espantoso uso que hizo de la concentracion de los rayos solares en el foco de un espejo cóncavo.

Al nombre de Arquímedes deben añadirse los de Ctesibio [130 años antes de J. C.] y Hieron (120 años antes de J. C.). El primero inventó la clepsydra y las bombas aspirantes que se esplicaban en aquella época con el horror del vacío. Hieron conoció la elasticidad del aire, y construyó una fuente de compresion en la que la presion del aire hacia saltar el agua.

La refraccion de la luz, adivinada por Posidonio, (80 años antes de J. C.) fue perfectamente concebida por Cleomedes (que vivió algunos años antes de la era cristiana), que se sirvió de ella para esplicar el falso juicio que tenemos de la elevacion de los astros sobre el horizonte, diciendo que los rayos desprendidos del astro encuentran un aire cargado de vapores que los hace descender á nuestra vista, y hace que percibamos aun, el astro en el horizonte á pesar de haber cesado de estar en él; lo mismo que un objeto colocado en el fondo de un vaso, é invisible cuando el primero está seco, comienza á percibirse tan luego como se echa en él agua.

Trasladada de la Grecia á Roma, la Física permaneció estacionaria. Su primer intérprete fué Lucrecio (100 años antes de J. C). Este poeta sustituyendo sus propias opiniones á las de los filósofos griegos, cayó en los mas groseros errores; esplicó la vision y el olfato, diciendo que ciertos simulacros emanaban de los cuerpos y venian á herir nuestra vista y nuestro olfato. Despues de Lucrecio, Séneca [6 años antes de J. C.], Plinio (23 años antes de J. C.) y Plutarco (50 años antes de J. C.), fueron los únicos escritores que se ocuparon de la ciencia, cuya historia hemos emprendido trazar.

El primero tuvo nociones de la propiedad que tienen los vidrios convexos de aumentar los objetos, y el prisma de descomponer la luz solar; pero no supo sacar partido de este doble descubrimiento. Puede asegurarse que habia reconocido tambien la elasticidad del aire, pues dice hablando de este fluido: "Se contrae y se dilata; cuando cesa de estar libre, se esfuerza para conseguir su libertad (*)."

Plinio fué mas bien naturalista que físico, y Plutarco solo hizo servicios á la Física relatando exactamente las opiniones de los diversos hombres cuya historia escribió. Sin embargo, no debemos olvidar decir que anunció la desviacion que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio mas raro á otro mas denso:

Hemos dicho lo que sabian los antiguos: ciertamente si se comparan sus conocimientos sobre la fisica á los nuestros, se les encontrará muy limitados; pero si se reflexiona que les faltaban todos los medios de investigacion con que ahora contamos, si se piensa que han debido adivinarlo todo con solo la fuerza de su genio, no podrá menos de tributárseles la mas justa admiracion.

Hemos llegado á la época en que todas las ciencias desaparecieron de la Europa; la física experimentó necesariamente la misma suerte. Los Arabes, segun parece, recogieron los conocimientos de los griegos y romanos sobre la física. Entre ellos debemos distinguir sobre todo á Alhasent (1038 años antes de J. C.); le debemos el primer tratado de óptica conocido. Se sospeeha que lo sacó de las obras perdidas de Ptolomeo. Este tratado está lleno de ideas rectas sobre la distancia y el volúmen aparente de los cuerpos. El cre-

^(*) Quæstiones naturæ, lib. 1, cap. 7.

púsculo está esplicado con la refraccion de los rayos luminosos.

Sin embargo, á mediados del siglo XII, las letras renacen en Europa. Federico II, emperador de los romanos, (1220) y Alfonso X, rey de Castilla y Leon, que fué llamado el Sabio y el Astrónomo (1252), fueron los protectores ilustres de los sabios de aquella época. En este tiempo los Arabes trasmitieron á la Europa las nociones de física de los griegos y los romanos, tales como las habian recibido. Algunos médicos naturalistas procuraron hacer renacer la física; pero sus esfuerzos fueron vanos; la alquimia, la astrologia, reinaban aun despóticamente. Tambien las ciencias físicas deben mucho á Rogerio Bacon (1240) bajo el aspecto de que atacó las preocupaciones que existian, desvaneció un gran número de errores y enseño en fin á sus contemporáneos el arte de pensar y raciocinar. Es preciso añadir que conoció perfectamente las propiedades de los vidros convexos y las describió (*).

Hácia fines del mismo siglo XIII se inventaron los anteojos. Parece que este descubrimiento se debe á un Florentino llamado Salvinio degli Armati. Esta es la opinion de Manni, que la funda en un monumento que existia en la catedral de Florencia á principios del siglo XVII. Este monumento tenia la siguiente inscripcion:

QUI GIACE SALVINIO D'ARMATO

DE L'ARMATI DE FLORENCE,

INVENTOR DEL ACHIALI ETC.

MCCCVII.

Probablemente á este Salvinio arrancaria el hermano Alessandro di Spina el secreto de un descubrimiento que publicó como suyo.

Un solo descubrimiento, muy importante por cierto, ilustró el siglo XIV, éste fué el de la brújula, que inventó Flavio Gioia d'Amalfi (†). La física parece caer en el olvido durante todo el siglo XV. Pero una nueva éra se abrirá para ella. Esta hermosa ciencia va á adelantar á pasos agigantados.

Ticho-Brahe (nacido en 1546 y muerto en 1601), tan célebre por sus conocimientos astronómicos, contribuyó á los progresos que hizo la física en el siglo XVI, por el cuidado con que construyó instrumentos y máquinas, cuya exactitud y buena disposicion son tan esenciales para el estudio de los fenómenos físicos. Los conocimientos que existían sobre la luz se aumentaron entonces. Maurolico de Mesina (nacido en 1494 y muerto en 1575) dejó detalles interesantes sobre la vision que fueron publicados despues de su muerte, señaló los defectos de la vista y los medios de remediarlos. J. B. Porta (muerto en 1616) inventó la cámara oscura y añadió este descubrimiento á las nociones dadas por Maurolico sobre la vision. Porta, á quien algunos sabios atribuyen la invencion del telescopio, tuvo ideas muy exactas sobre los vidrios cóncavos y convexos, y sobre los medios de combinarlos para acomodarlos á la vista. Antonio Dominis describió la forma del arco-iris; y ésta es la descripción que

cado á la navegacion mas de mil años antes de J. C. Como quiera que sea, parece que Gioia perfeccionó sobremanera esta facultad directriz. En los siglos XII y XIII, la brújula no consistia sino en una aguja imanada que se hacia nadar en un vaso por medio de un pedazo de corcho. Los navegantes la llamaban rana ó calamita. Gioia en 1303 suspendió esta misma aguja sobre un eje: esto es lo quequiere indicar Antonio Panormitano con este verso:

Prima dedit nautis usum magnetis Amalphis. Amalfi fué el primero que enseñó al navegante á servirse del iman.

No podrá dudarse de la importancia de semejante perfeccion si se reflexiona cual era la timidez de los pilotos cuando no poseian sino la calamita, y cual su audacia cuando poseyeron la brújula de Amalfi. Perfeccionar de este modo es inventar.

Despues los franceses añadieron á la aguja suspensa de Gioia la rosa de los vientos, y señalaron el Norte con una flor de lis que se encuentra en las rosas náuticas mas antiguas, y que parece atestiguar que ellos la inventaron. Parece que los ingleses no tardaron en encerrar la aguja de Gioia en una caja, box ó boxel de donde se derivó la palabra brújula [*]. Los alemanes sin embargo, reclaman los nombres de los vientos Este, Oeste, Sud, Norte, y aun el nombre de boussole. No no nos parecen suficientes los títulos en que se apoyan.

^(*) Opus majus, p. 357.

^(†) Un gran número de sabios disputan á Flavio Gioia d' Amalfi el descubrimiento de la brújula. Y es preciso confesar que sus raciocinios son algo probables. Está fuera de duda que la facultad directriz del iman fué conocida con mucha anterioridad á Gioia, y algunos autores piensan que los chinos la habian apli-

^[*] En frances boussole.

se encuentra con ligeras modificaciones en los tratados de física moderna. Dominis, sin embargo, no llegó á establecer los diferentes grados de refrangibilidad de los rayos luminosos: este gran descubrimiento estaba reservado al genio de Newton.

A pesar de los progresos de muchos ramos de las ciencias físicas, se echa de ver que ningunas nociones nuevas se habian adquirido sobre la electridad y el magnetismo; y á mediados del siglo XVI no se sabia sobre estas materias mas de lo que habia sabido Thales, muerto hacia veinte siglos. Gilberto (nacido en 1540 y muerto en 1603) hizo de la electricidad y del magnetismo el objeto de sas investigaciones, y dió á conocer mejor la naturaleza de estos dos agentes químicos. Flavio Gioia habia descubierto la direccion del iman, el Veneciano Sebastian Cabot añadió á este descubrimiento el de su declinacion. Poco despues el inglés Guillermo el Normando descubrió la inclinacion.

Gilberto enseñó al mundo sabio, que los polos del mismo nombre se rechazan y los diferentes se atraen; que por consiguiente que el polo austral de un iman se dirige hácia el norte de la tierra y viceversa. Gilberto reconoció tambien, que un gran número de sustancias adquieren por la frotacion propiedades semejantes á las del ámbar. Consideró á la electricidad y al magnetismo como dos fluidos absolutamente diversos.

El siglo XVII dió grande impulso á la física, principalmente en Alemania, y en donde se hicieron brillantes descubrimientos. En Francia René Descartes (nacido en 1596 y muerto en 1651) puso en circulacion y demostró muchas ideas nuevas. Estableció como un principio la perfecta inercia de la materia y su indiferencia absoluta. Determinó muchas leyes que presiden el movimiento; pero lo que no se admirará demasiado, es que este gran genio, estraviado por una imaginacion demasiado ardiente ni aun sospechó las modificaciones que sufre el movimiento por la aplicacion de las fuerzas que obran en distintos sentidos.

Descartes fué el primero que inventó dar una esplicacion mecánica de los fenómenos luminosos. Supuso la existencia de un fluido cuyas moléculas son de una forma esférica y perfectamente duras. Este fluido, estendido en toda la naturaleza, se encuentra siempre interpuesto entre el cuerpo que da la luz y el que la recibe. Despues veremos las modificaciones que recibió este sistema. Descartes rectificó la esplicacion del arco interior en el arco-iris dada por Dominis, y esplicó segun su hipótesis la reflexion y la refraccion de la luz.

Snellio, fisico holandes (nacido en 1591 y muerto en 1626), estableció las relaciones del ángulo de refraccion al ángulo de incidencia comparativamente del aire al agua y del aire al vidrio.

Parece cierto que á principios de este siglo se hicieron los primeros tolescopios. Descartes atribuye su invencion á un tal Jacobo Mecio, hombre sin talento. Pero en una obra de Borel (*) se encuentran cinco testimonios jurídicos, de los cuales dos consideran como autor de este instrumento á Zacarías Jans, anteojero de Middlebourg, y los otros tres á Juan Laprey, tambien anteojero de la misma ciudad. Quizá los dos tuvieron parte.

El microscopio data igualmente de esta época, en la cual comenzaron á construirse lentes pequeñas y esferas de vidrio de corto diámetro. Esto se debe aun á un fisico holandes llamado Drebbel (nacido
en 1572 y muerto en 1643), ó, segun otros, á Zacarías Jans. Drebbel fué el autor del primer termómetro; es inútil decir que quedó
muy imperfecto. En el mismo tiempo Kepler, (nacido en 1571 y
muerto en 1650) que hizo tan eminentes servicios á la astronomía,
dió una esplicación satisfactoria del mecanismo de la vision; comparó el órgano que desempeña esta funcion á la cámara oscura de Porta-

Entre todos los sabios que vivieron á fines del siglo XVI, y á principios del XVII, Galileo (nacido en 1564 y muerto en 1640) ocupa un rango distinguido. Perfeccionó el telescopio, descubrió las leyes de la caida de los graves y consideró la gravedad como una fuerza inherente á los cuerpos. Le debemos tambien el péndulo y el conocimiento de las leyes á que su movimiento oscilatorio se halla sometido; concibió la posibilidad de hacer de él un instrumento propio para medir el tiempo, pero no supo adivinar el medio de ejecutarlo. La vida de Torricelli (nacido en 1608 y muerto en 1647) discípulo de Galileo, á pe-

^(*) De vero telescopii inventore, in. 4, 1655.

sar de su brevedad, no fué menos rico en descubrimientos. Demostró el peso del aire que su maestro habia sospechado; y cierto de que el peso de la atmósfera era el que hacia subir el agua en los cañones de bomba, estimó que este peso era igual al de una columna de agua de 32 piés ó de una columna de mercurio de 28 pulgadas. Segun esto puede considerarse á Torricelli como el inventor del barómetro. Los descubrimientos de Torricelli fueron confirmados por Pascal (nacido en 1623 y nauerto en 1633), que reuniendo y completando los trabajos de Stevino (muerto en 1635) y de Galileo, creó la ciencia de la hidrostática.

A medida que se adquirian sobre la luz nociones mas vastas y exactas, se observaban nuevos fenómenos. Así Gassendi (nacido en 1592 y muerto en 1635) creó una nueva teoría de la luz; la consideró como un todo compuesto de átomos estremadamente sutiles, y esplicó con esta hipótesis todos los fenómenos luminosos observados en su tiempo. Creyó que los colores eran el resultado de las reflexiones y refracciones que esperimenta la luz. La acústica le debe el descubrimiento de la causa de la gravedad y agudeza de los sonidos. Poco tiempo despues Grimaldi (nacido en 1667 y muerto en 1750) observó por primera vez el importante fenómeno de la difraccion de la luz, pero la esplicó poco satisfactoriamente.

De todos los descubrimientos hechos en el siglo XVII, el mas precioso, el que mas contribuyó á los adelantos de la fisica es sia contradiccion la invencion de la máquina pneumática; á Otto de Guerike, burgo maestre de Maldebourg (nacido en 1602 y muerto en 1686), pertenece la gloria de este descubrimiento. Necesito de numerosos ensayos para conseguirlo, pero llegó á hacer el vacío, y con su máquina, no obstante su imperfeccion, demostró rigorosamente el peso del aire, su elasticidad, su fuerza espansiva. A pesar de ignorar la naturaleza del sonido, probó que el aire es su vehículo, y ademas, que este aire es esencial á la conservacion de la vida y de la combustion. Esto le hizo sospechar que el aire no era elemento. Otto inventó ademas la máquina eléctrica y contribuyó con este descubrimiento á los progresos de la electricidad, tanto como habia contribuido á los de las otras partes de la fisica. Fué el primero que observó la chispa y la luz eléctrica. Otto construyó un

nuevo termometro, aunque no mas perfecto que los anteriores. Kirker, por su parte (nacido en 1602 y muerto en 1680), inventó la linterna mágica y el cuadrante solar; puede sin embargo hacerse remontar este descubrimiento á Anaximandro (nacido 610 años antes de J. C. y muerto á los 64 de edad), segun Diógenes de Laërcio, y á Anaximeno (compatriota, discípulo y sucesor de Anaximandro que floreció 570 años antes de J. C.), segun Plinio, hizo construir, con grandes dimensiones, un espejo cóncavo, y por losefectos que produjo concentrando los rayos solares con este espejo, demostró la verdad de los hechos referidos por los historiadores con respecto á Arquímedes. Hizo una aplicacion de la concentracion de los rayos solares á su cuadrante, y construyó un cuadrante solar de detonacion. Kirker se ocupó tambien de la acústica, y demostrando con la esperiencia la reflexion del sonido, esplicó perfectamente el fenómeno del eco. Si algunos sabios aislados, en el tiempo en que la comunicacion entre los diversos estados era tan dificil, hicieron tantos progresos en la fisica, ¿qué no debia esperarse de una reunion de sabios que trabajaban bajo la proteccion de un príncipe ilustre? Habiendo creado Leopoldo, gran duque de Toscana, una academia en Florencia en 1657, los nuevos académicos comenzaron por demostrar que el fenómeno de la capilaridad no es efecto del peso de la atmósfera, supuesto que tiene lugar en el vacío formado por la máquina pueumática. Por medio de este instrumento destruyeron una multitud de errores. Por un célebre esperimento, esperaban demostrar la compresibilidad del agua; pero su mas importante descubrimiento fué el del maximum de condensacion; demostraron que el agua, enfriada hasta cierto grado, cesa de contraerse y aun comienza á dilatarse. Atacando la opinion del canciller Bacon, que habia considerado el calórico como resultado de un movimiento vibratorio de los cuerpos, establecieron la materialidad de este agente y probaron su irradiacion. Perfeccionaron el termómetro y lo graduaron, pero de una manera arbitraria; y construyeron ademas el primer higrómetro. Apoyándose en la esperiencia, reconocieron que todos los sonidos, graves ó agudos, fuertes ó débiles, recorren el espacio con la misma velocidad; en fin, encontraron exactamente la relacion del peso del agua al del aire.

La máquina pneumática, tan fecunda en resultados, no era conocida en Inglaterra. Boyle (nacido en 1627) la introdujo y la perfeccionó. Con el auxilio de su nuevo instrumento demostro la atraccion molecular, probando que no debe atribuirse á la presion atmosférica el estado de union de dos cuerpos que se hallan en contacto, cuando este contacto tiene lugar entre superficies perfectamente pulimentadas; destruyó la incertidumbre que aun hubiera podido quedar sobre la naturaleza del sonido; y sospechó la compresibilidad del agua, demostrada en estos últimos tiempos. Boyle emprendió sobre esto esperimentos contradictorios á los de los académicos de Florencia. Continuo los trabajos de estos mismos académicos sobre el peso específico, y determinó rigorosamente la relacion del peso del agua al del aire y la del peso del mercurio al del agua. Boyle se ocupo tambien de los fluidos imponderables; sus descubrimientes sobre el fluido eléctrico son de poca importancia, y perdió mucho tiempo en hacer numerosos ensayos para llegar á pesar el calórico v la luz. Estos ensayos, como puede pensarse, fueron infructuosos, y la falsedad de los resultados que obtuvo se reconoció bien pron to

Mientras mas avanzamos, mas vemos á la fisica progresar y tomar cuerpo. Hace largo tiempo que ha cesado de presentarse á nuestra vista como una monstruosa reunion de vanas teorías; comienza á ser una ciencia de hechos, y se va haciendo mas rica en aplicaciones. Queda, sin embargo, mucho que hacer, pero no faltará quienes se dediquen á ella; la fisica no debe cesar en sus adelantos, marchando con paso firme, como la vemos en nuestros dias, hasta llegar á su última perfeccion. Sigamos, pues, tributando justos elogios á los sabios que han contribuido con sus trabajos á ponerla en el estado en que se encuentra hoy.

Huyghens (nacido en 1629, muerto en 1695) descubrió las leyes del chêque de los cuerpos y de la comunicacion del movimiento. Al mismo tiempo que él, Wrens de Londres (nacido en 1632, muerto en 1723) y Wallis de Ashford (nacido en 1616, y muerto en 1703), siguiendo diversos caminos llegan al mismo resultado que él. Huyghens se aprovecha del pensamiento de Galileo y hace la aplicacion del péndulo á la medida del tiempo, facilita està aplicacion inventando los escapes. El primer reloj que salió de sus manos fué presentado á los

Estados de Holanda el 16 de Junio de 1657 (*). Este primer ensayo no era perfecto, pero abria el camino á la perfeccion. Ricardo en 1669, descubrió que el calor hacia avanzar este reloj y que el frio lo hacia retardar. Algun tíempo pasó antes de que se encontraran los medios de remediar este grave inconveniente. Graham, famoso relojero de Lóndres, y despues Ellicor, Julian Leroy (nacido en 1686 y muerto en 1759) inventaron diversos compensadores, y los relojes no tardaron en ser instrumentos casi perfectos.

Despues de Galileo, Helvelio (nacido en 1611, muerto en 1687) no solamente habia perfeccionado el telescopio, adoptando vidrios mejor pulimentados y trabajados con mas cuidado, sino que les habia dado mayor poder aumentativo. Salieron de las manos de Helvelio telescopios de 15 á 16 piés. Desde su primer ensayo, Huyghens construyó uno de 23 piés de largo, y que aumentaba cien veces; con este telescopio descubrió el anillo de Saturno. Añadió todavía un grado de perfeccion á este instrumento inventando el micrómetro, que permitió apreciar la distancia de las estrellas imperceptibles á la simple vista.

Huyghens adoptó el sistema de Descartes sobre la luz, pero modificándolo considerablemente, hizo de él un sistema casi nuevo. Estableció la analogía que existe entre el modo de propagacion del sonido y el de la luz; creó en fin el sistema de las ondas casi del mismo modo que lo presentaremos en esta tratado. Como los académicos de Florencia, demostró la dilatacion del agua al tiempo de solidificarse. Huyghens inventó tambien un barómetro conocido bajo el nombre de barómetro doble, de que no hizo uso alguno. Hemos visto que el telescopio y el microscopio fueron inventados casi al mismo tiempo; sus mas notables perfecciones fueron tambien simultáneas. En efecto, el microscopio adquirió un grado muy elevado

^{(&}quot;) Sin embargo, éste no fué el primer reloj que se construyó, y todos han oido hablar del reloj que el califa Aaron-al-Raschid dió en presente al emperador Carlomagno en una célebre embajada que le envió en 807. Parece que su mecanismo era muy ingenioso, pero no tenia ninguna analogíacon el reloj de Huyghens. Este célebre reloj daba las horas por medio de balas que caían alternativamente en un vaso de bronce. Doce caballeros se presentaban en doce puertas y las cerraban segun el número de horas dadas. Este reloj era probablemente una Clepsydra.

de perfeccion en manos del doctor Roberto Hook (nacido en 1638, muerto en 1703), que aumentó el número de los pequeños lentes de que se componia. El mismo Hook perfeccionó el barómetro de Huyghens, ó por mejor decir, le hizo sufrir grandes modificaciones, y creó el barómetro de cuadrante, tan estendido en la actualidad. Inventó tambien los resortes en espiral, que permitieron arreglar los reloies.

La Francia no habia tomado sino una pequeña parte en este movimiento progresivo de la fisica, pero una época mas brillante va á lucir para ella. Colbert funda la academia de ciencias en 1666, y à una simple peticion de este nuevo cuerpo se ve elevarse el observatorio. Luis XIV hace un llamamiento á los sabios estranjeros. Cassini (nacido en 1625, muerto en 1712) es arrebatado á la Italia, Huyghens á la Holanda, Roemer (nacido en 1644 y muerto en 1710) á la Dinamarca. Todos los descubrimientos del primero pertenecen á la astronomía y geografia. Pero Roemer dió un fuerte golpe al sistema de Descartes y de Huyghens, descubriendo por medio de observaciones astronómicas, que la luz tarda algun tiempo para llegar del sol á nosotros. Mariotte (muerto en 1684) confirmó con la esperiencia las leyes de Huyghens sobre la comunicacion del movimiento. Demostró que la resistencia del aire es la única causa de la diferencia de tiempo que emplean para caer los diferentes cuerpos; adicionó los descubrimientos de Torricelli sobre el derrame de los líquidos; y esceptuando algunos ligeros errores, su tratado del movimiento de las aguas es una obra perfecta. Pero el descubrimiento mas importante de Mariotte es el de las leves de la dilatacion de los fluidos clásticos.

Los descubrimientos de Mariotte recibieron un nuevo grado de importancia con los trabajos de Amontons (nacido en 1663, muerto en 1705), que le siguió de cerca en la carrera de las ciencias. Amontons midió con bastante precision el resorte que el aire adquiere por la dilatacion que el calor le hace esperimentar, y encontró que este aumento casi estaba en razon directa de la densidad del aire. Advirtió que el agua llegada al grado de ebullicion no aumenta ya de temperatura. Este descubrimiento proporcionó á Amontons un punto fijo para graduar el termómetro de aire que Drebbel trató de per-

feccionar; y lo consiguió mejor que Flauksbée (vivió en el siglo XVII), pero menos que Newton, que dirigian ambos sus trabajos al mismo objeto. Pero no todos sus ensayos, sin embargo de sus resultados poco satisfactorios, fueron perdidos para la ciencia; ellos sirvieron de guia á Reaumur y le indicaron los medios de construir un termómetro perfecto.

Amontons construyó tambien un barómetro y un higrómetro; el primero fué acogido tan favorablemente como el termómetro de que acabamos de hablar; pero el segundo no consiguió de manera alguna el objeto que se habia propuesto su autor. El espíritu investigador de Amontons se dirigió en seguida á los obstáculos que el roce de los cuerpos presenta á los movimientos. Determinó por una sucesion de hábiles esperimentos las leyes segun las cuales el roce impide el movimiento.

Parent (nacido en 1666, muerto en 1706) y Camus (nacido en 1699 y muerto en 1768,), adicionaron los resultados obtenidos por Amontons y perfeccionaron la teoría del razonamiento. Ausont (muerto en 1693) perfeccionó el micrómetro. Richer (muerto en 1696) determinó la longitud del péndulo de segundos segun las diversas latitudes.

Newton aparace (Isaac Newton, nacido en Wolstrop el 25 de Diciembre de 1641, muerto el 20 de Marzo de 1727). Este sublime genio abraza todo lo hecho antes de él, y él solo hace adelantar la ciencia mas que todos los que le habian precedido. La caida de un cuerpo pesado le hace descubrir las leyes de la gravedad. Adivina que todos los cuerpos tienden á caer, que se atraen unos á otros, que todo el universo está regido por la misma ley, ley que es preciso designar por medio de un signo. Newton la llama atraccion, palabra que da una idea de todas las leyes que rigen al universo. Esta atraccion se verifica segun ciertas reglas, que nos da á conocer el péndulo por las diferencias en el número de sus oscilaciones.

Todos los cuerpos celestes se atraen; sin embargo, nunca llegan à ponerse en contacto; luego cierta fuerza los conserva separados unos de otros; Newton la adivina, y opone la fuerza centrífuga á la centrípeta: determina la figura de la tierra resultado de los efectos producidos por la accion simultánea de estas dos leyes opuestas. Todo movimiento tiene lugar en un medio cualquiera. Antes de Newton se habia presentido ya que este medio debia resistir, pero á él tocaba descubrir las leyes segun las que esta resistencia tiene lugar.

Ciertamente ya Newton habia hecho bastante para inmortalizar para siempre su nombre; pero no contento con haber establecido las leyes generales que rigen al universo, pasa á considerar á los diversos agentes físicos. La luz, poco conocida aun, le parece un objeto digno de su investigacion, la estudia en efecto y la profundiza, y este hombre admirable da á luz las ideas mas bellas y sublimes que el espíritu humano haya sido capaz de producir. Sus trabajos bajo este aspecto son tan numerosos, tan completos, que casi nada dejó que hacer á sus sucesores.

No se crea sin embargo, que la Europa admitió desde luego las ideas de Newton, tanto sobre la organizacion general del universo, como sobre la luz. Existian aun numerosos defensores del sistema de Descartes, y se pasó mucho tiempo para que sus ideas concentradas en el lugar de su nacimiento, llegasen á ser europeas. Al nombre de Newton es necesario asociar el de su amigo Halley; este sabio se dedicó mas á la astronomía que á la fisica. Sin embargo, advirtió muchas irregularidades sobre el movimiento de la aguja imanada; creyó que el centro de la tierra estaba formado de un enorme foco de materia magnética; descubrió la densidad decreciente de la atmósfera, y las variaciones que, segun su estado, ocasiona en la altura de la columna de mercurio contenida en el tubo barométrico. Newton nos ha ofrecido una brillante transicion del siglo XVII al XVIII; este nuevo período no será menos rico en descubrimientos. Newton, no obstante la grandeza de su genio, no habia podido abrazarlo todo, y las partes de la fisica de que no se habia ocupado presentaban un vasto campo á las investigaciones.

Volvamos otra vez aun á Alemania. Hauksbée (muerto en 1716) físico distinguido de este pais, añadió un nuevo grado de perfeccion á la máquina pneumática, adoptándole otro tubo barométrico que permitiese apreciar hasta que punto se habia hecho el vacío en los recipientes. Parece que á Papino, médico francés, (nacido en 1650, muerto en 1710) se debe el último grado de perfeccion que recibió

este instrumento. El que se emplea en nuestros dias es casi igual al suyo. Hauksbée dirigio en seguida su atencion al peso específico de los cuerpos, y lo determinó con un gran número de sustancias. Reconoció los diferentes grados de dilatacion que el calor hace esperimentar al aire atmosférico. Llamado á juzgar entre Lowthorp que habia anunciado por medio de esperimentos emprendidos con este objeto, que la refracción de la luz estaba en razon directa de los fluidos que atravesaba, y Homberg (nacido en 1652 muerto en 1715), que habia negado este resultado, pronunció su voto á favor del primero. Su juicio fué recibido favorablemente en Francia por Delisle (nacido en 1675, muerto en 1726), que á consecuencia de las órdenes de la Academia de Paris, repitió los esperimentos de I owthorp y Hauksbée.

Hauksbée se dirigió en seguida á la electricidad é hizo numerosos esperimentos sobre la produccion de este fluido en el vacío, sobre la luz que produce al desprenderse, hiz cuyo color y brillo varian segun las sustancias en que se efectúan los esperimentos. Parece que fué el primero que resintió la conmocion eléctrica. Sus trabajos tuvieron en seguida por objeto la propagacion de la luz en
diferentes medios. Dió á Newton los medios de someter á las leyes de
la atraccion los fenómenos de la capilaridad. En fin, acompañado
de su contemporáneo Taylor (nacido en 1685, muerto en 1731),
procuró en vano determinar las leyes del decrecimiento de la fuerza
magnética.

Taylor formó la teoría de los sonidos, y determinó con cifras la longitud, espesor y el grado de tension de cada cuerda para tal ó tal sonido. Pero la acústica debe aun mas á Sauveur (nacido en 1653, muerto en 1716), que descubrió los nudos y los vientres de vibracion. Este Sauveur nos presenta una particularidad muy notable, y es que no tenia oido músico y le era preciso consultar la voz y el oido de un amigo para saber si la esperiencia confirmaba los resultados que le daba la teoría.

Parece que la electricidad se encontraba siempre destinada á no seguir los progresos de los otros ramos de la física. Sin embargo, pronto llegaremos á la época en que va á brillar con la mayor lucidez. Esteban Gray (muerto en 1736) continuô los trabajos de