

§ 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 combinacion de la fuerza de atraccion con la proyeccion.

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 presion total ejercida por un cuerpo sobre un obstáculo horizontal. La intensidad de esta presion pues depende de la energia 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 energia 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 seria 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 seria menos pesado en el ecuador que en el polo, puesto que como os dije distaria 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 atencion 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 comparacion de los cuerpos sólidos y líquidos, y el peso específico de un volumen de aire, por término de comparacion de los cuerpos gaseosos. Y para simplificar este punto se dice 1,0000 el peso específico del agua y del aire que sirven de comparacion, esto es la unidad. Si por ejemplo se hallase que un volumen de oro pesase 19 veces el mismo volumen de agua, se espresaria 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 espresaria 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 linea 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 linea perpendicular de la gravedad le impide todo el movimiento. Mas por eso el tal plano sufre toda la accion 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 accion de su peso.*

Confírmase la razon de la ley en que toda accion es igual á la reaccion; y si el plano impide toda la accion de la gravedad, la gravedad ejerce toda su accion contra el plano.

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

Si el plano no es horizontal, no puede impedir toda la accion 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 accion del grave contra él, pues no hay accion sin reaccion, 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 caida, consideremos la linea vertical como diagonal de un paralelógramo rectángulo, y el lado perpendicular al plano dará la accion contra él: la paralela dará la caida.* (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 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.*

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. 25.

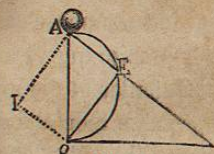


Fig. 24.

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.).

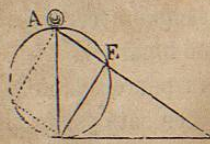


Fig. 25.

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.

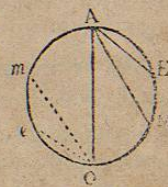


Fig. 26.

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 si como las lineas (Fig. 27.). Demostremoslo.

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

TEOD.— Tiremos

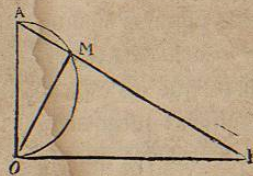


Fig. 27.

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 también tiene un recto en O: además de esto, el ángulo en A es común 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 $\therefore AM :: AO : AR$.

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, también los cuadrados quedan en progresion, $\therefore 1 : 2 : 4$; que son á lo menos 5 ó 4 veces, v. g. si decimos $\therefore 1 : 2 : 4$; pues el cuadrado de 1 es 1, el de 2 es 4, y el de 4 es 16, se sigue que podremos decir $\therefore 1 : 4 : 16$; igualmente, si decimos $\therefore 1 : 5 : 9$, podemos decir $\therefore 1 : 9 : 17$.

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 1º hallamos que 4 es la razon de la 1ª raiz, respecto de la 5ª, y también 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, aquí 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 caída por AM, primer espacio, es al tiempo de

la caída total por AR, tercer espacio, como el 2º cuadrado AO, es al tercer cuadrado AR; pero ya vemos que el tiempo en que el móvil cae por la vertical OA, es lo mismo que aquel en que caería por la primera linea AM, luego el tiempo de la caída por AO es al tiempo de la caída por AR, como AO es á AR. No os cause confusion que aquí se diga que los tiempos de estas caídas son como los espacios, porque bien veis que comparamos caídas 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 $\therefore AM : AO : AR$, luego la raiz de AM, tiempo en que el móvil la correría, es á la raiz cuadrada de AR (tiempo en que el móvil la correría), como AO es á AR; pero el tiempo de la caída por AM es el mismo que el de la caída vertical por AO; luego al tiempo de la caída vertical (por AO), es al tiempo de la caída 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 caída, ó bien caiga el móvil 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 dixerirlas 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.

ETG. — 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 ; estos, 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. 1º La fuerza de proyeccion puede obrar en el mismo sentido de la gravedad ; 2º en un sentido directamente opuesto ; 3º podrá formar un ángulo con la direccion de esta fuerza. Si yo arrojo 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 seria 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-
yese 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