

qué de lo que se sabe, en cuanto se puede alcanzar ; esto se llama saber la mecánica, lo demas es ser un pobre cantero. Y basta por hoy, amigos, mañana os esplicaré las leyes y mecanismo de las máquinas mas 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 interes.

TEOD. — Vámonos juntos, si quereis , á ver á un vecino que no lo pasa muy bien.

SILV. — Vamos allá acaso yo le pueda ser util 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. — Apostaria que acudis con deseos de saber mas.

EUG. — Y no andais equivocado : tanto mas cuanto ya puedo lucirme en alguna parte esplicando la razon de fenómenos que dias atras ignoraba, y ser útil á mí mismo y á mis semejantes, con mi instruccion : 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 canseis mas, porque esto es para manos mas ásperas que las vuestras. Pero decidme: ¿y cuál es la razon 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 razon; porque quanto 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 plamos; 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 razon 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 espliqué, 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 razon de su disposicion 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 esplicado. 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.

EUG. — 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 nn 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.

EUG. — 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 tendría 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 física 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 una 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 física 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 sí 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 corazón 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

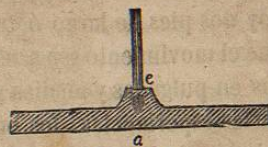


Fig. 70.

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 teórica 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

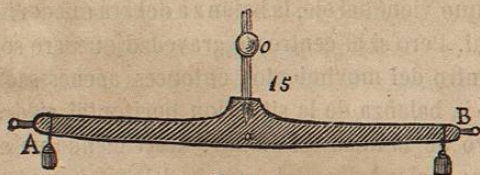


Fig. 71.

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* desciende mas, entonces la balanza busca por sí misma el equilibrio; y cuanto mas se baje la bola *o* mas de priesa 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 pequeñitas, 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 pequeñas deben balancear muy lentamente para ser delicadas y sensibles.