

un cuerpo , la posicion del centro de gravedad no depende mas que de la forma del cuerpo.

Si esta forma es regular puede hallarse por medio de consideraciones geométricas. En la línea recta, su centro de gravedad se halla en medio de su longitud ; en el paralelógramo , está en el punto de interseccion de las diagonales ; en el círculo y en la esfera, llena ó hueca, se encuentra en el centro. En los ejemplos que acabamos de mencionar puede decirse que el centro de gravedad se corresponde con el centro de la figura ; pero en los cuerpos cuya densidad no es uniforme , ó que afectan formas irregulares, puede el centro de gravedad corresponder á un punto muy distante del centro de la figura como es fácil de comprobarse, buscando el centro de gravedad de ciertos cuerpos por medio de la experiencia ; á cuyo efecto si el cuerpo no es muy pesado basta suspenderlo primeramente por un punto y cuando permanece en reposo, el centro de gravedad se hallará mas abajo del punto de suspension en la línea vertical que puede trazarse sobre la superficie ó una de las caras del cuerpo, por medio de un hilo á plomo; para determinar en que punto de esta línea se halla el centro de gravedad , bastará suspender el cuerpo en una posicion diferente y tirando por este segundo punto de suspension otra vertical , el centro de gravedad estará en el punto donde se cruzan las líneas ; colocando el cuerpo de manera que el punto de interseccion de las líneas se apoyara sobre el extremo de un baston, dicho cuerpo permaneceria en reposo. Estos métodos tan cómodos como sencillos para hallar el centro de gravedad no son aplicables á los cuerpos muy pesados, en los cuales para hallar su centro de gravedad es necesario recurrir al cálculo.

Equilibrio de ciertos cuerpos. Acabamos de ver que si se coloca un cuerpo, del cual se haya buscado el centro de gravedad, de modo que el punto de interseccion de las líneas descansen sobre el extremo de un baston,

dicho cuerpo estaría sostenido , es decir , no caería : ahora bien , siempre que el punto donde se concentre la accion de la pesantez de un cuerpo esté sostenido por un apoyo cualquiera que destruya la accion de la pesantez , dicho cuerpo permanece en reposo y por lo tanto en equilibrio. El equilibrio será mas ó menos estable , segun que el centro de gravedad caiga mas arriba ó mas abajo del punto de suspension , ó que el cuerpo esté sostenido por uno ó varios puntos de apoyo ; resultando de esto tres clases de equilibrio : *el equilibrio estable , el equilibrio no estable , y el equilibrio indiferente.*

Equilibrio estable. Se dice que un cuerpo está en equilibrio estable , cuando dicho cuerpo algo desviado de su posicion de equilibrio , tiende siempre á volver á ella. Un sencillo juguete puede presentarnos un ejemplo del equilibrio estable ; tómese un pequeño hemisferio , media bala de plomo y fijemos en ella una figurita de médula de sauco ó de otra sustancia ligera , haciendo de manera que la superficie curva , descansa ó esté apoyada sobre un plano. En este caso el centro de gravedad del cuerpo se halla en su eje , porqué la superficie plana de la media bala tiende siempre á ponerse horizontal lo que se verifica cuando el eje es vertical ; si se inclina á un lado cualquiera la figura , en esta situacion , el centro de gravedad está mas elevado y pierde su estabilidad , la que trata de recuperar cuando abandonamos el hemisferio á si mismo , por la sencilla razon de hallarse mas bajo el centro de gravedad cuando recobra el eje su posicion vertical. Muchos son los juguetes basados en este principio , entre los cuales citaremos uno que puede afectar una figura cualquiera ; nosotros elijiremos una lámina de hoja de lata representando una embarcacion , cuya parte inferior termina en una punta por medio de la cual se apoya sobre un sustentáculo. En esta situacion seria materialmente imposible establecer el equilibrio á causa de la poca superficie de la base y

hallarse el centro de gravedad mas arriba del punto de suspension ; pero si hacemos de modo que el centro de gravedad caiga mas abajo del punto de suspension , el objeto podrá jirar en todos sentidos y aun ladearse volviendo luego á tomar la posicion vertical. Para conseguir que el centro de gravedad esté mas bajo que el punto de suspension, colóquense á cada lado de la embarcacion un alambre de cierta longitud , que tenga en su extremo inferior un pequeño peso ; cuando la embarcacion se ladea el centro de gravedad se ve forzado á subir y como su tendencia es bajar todo lo posible, para efectuarlo tiene que poner vertical la figura. En la mecánica se presentan paradojas que tienen su explicacion en el centro de gravedad de los cuerpos. Colocando dos conos, unidos por su base en el vértice de un ángulo, cuyos lados sean dos pedazos de madera que formen una pequeña inclinacion hácia el vértice de dicho ángulo , los dos conos suben en apariencia hacia arriba hasta quedar sostenidos por las puntas ; decimos que han subido en aparencia, porque en realidad han bajado, por hallarse el centro de gravedad mucho mas bajo de los puntos de suspension despues de haber recorrido los lados del ángulo, que cuando estaban apoyados en el vértice del mismo. Un fenómeno semejante se observa; cuando se coloca sobre un plano inclinado un disco compuesto de sustancias diferentes, una mas pesada que la otra. Como el centro de gravedad no estará en el centro de la figura por hallarse en un punto de la sustancia que tenga mayor densidad, podrá suceder segun de que modo inclinamos el disco, que remonte una porcion de plano para hallar su posicion de estabilidad, que será cuando se halle el centro de gravedad lo mas bajo posible. A una causa análoga se debe el que ciertos caballos de metal puedan sostenerse sobre pedestales con solo las patas de atrás. Todo consiste en llevar su centro de gravedad en un punto conveniente. Suponiendo al caballo

construido de una sustancia homogénea , el centro de gravedad estaria aproximadamente en medio del cuerpo ; pero si una parte del caballo fuese de madera y la otra de metal, el centro de gravedad estaria situado en un punto de la parte que tuviera mayor densidad ; si el caballo fuese todo de metal, podria ser la mitad macizo y la otra mitad hueco, el resultado seria con corta diferencia el mismo; es decir, el centro de gravedad se hallaria donde hubiera mayor cantidad de masa. Aun suponiendo el caballo fabricado por una 'sustancia homogénea , macizo ó hueco en su totalidad , podria conseguirse equilibrio sosteniéndose con las dos patas de detrás. Hay un juguete que representa un caballito de madera el cual puede colocarse al borde de una mesa y sostenerse como queda dicho con las dos patas, teniendo fuera de la mesa lo restante del cuerpo. Esto se consigue por medio de un hilo de metal que , partiendo del punto medio y parte inferior del caballo, se encorva en direccion á las patas que le sirven de punto de suspension. El hilo de metal lleva en el extremo que vá á parar debajo de las patas una bala bastante pesada, en la cual se halla el centro de gravedad, y que está por lo tanto mucho mas bajo que el punto de suspension. Este fenómeno resuelve una paradoja que se presenta del modo siguiente : «Un cuerpo tiene tendencia á caer por su propio peso hacia un lado, porque medio podria evitarse la caida agregándole otro peso por el mismo lado?

Cuanto mayor sea la base de un cuerpo respecto á su altura, tanto mayor será la estabilidad de dicho cuerpo; porque segun llevamos dicho para conseguir el equilibrio, es necesario que la direccion de la vertical caiga dentro los límites de la base. Tómense varios prismas de igual base, pero de alturas diferentes y colóquense sobre un plano horizontal haciendo que cada uno lleve en una de sus caras un hiló á plomo en direccion al centro de gravedad ; si en tal disposicion se hace sufrir

cierta inclinacion al plano, se verá que sale primero de los limites de la base la vertical del cilindro que tiene mayor altura, siendo el último en perder su estabilidad, el prisma que la tiene menor ó sea el mas pequeño. Es pues al efecto de conservar su estabilidad que en los muebles y otros útiles de uso comun se procura que la base tenga bastante extension.

Lo dicho bastará para hacernos comprender porque un carruage cargado con vigas colocadas en posicion vertical se halla mas expuesto á un vuelco, que si las llevara de igual longitud pero colocadas horizontalmente al plano situado sobre el eje de las ruedas; y aun aumentaria mas su estabilidad si llevase igual peso debajo de dicho eje: por eso cuando se lastra una embarcacion, se coloca el peso en el punto mas bajo posible; si el peso que sirve de lastre se colocara sobre cubierta, lejos de dar mayor estabilidad á la embarcacion, conspiraria á un fin contrario, al hallarse expuesta á los vaivenes de las olas.

Algunos edificios, como la torre de Pisa y de Bolonia, aunque estén inclinadas, se sostienen; porque el centro de gravedad no ha salido de los límites de la base.

En el hombre el centro de gravedad se halla hácia el medio de la parte inferior del tronco; cuya vertical tirada desde dicho centro, iria á parar entre las márgenes de los pies. El centro de gravedad varia en el hombre y en los demas animales segun sus diferentes actitudes. Cuando una persona lleva un peso á cuestas se inclina hacia adelante; si lo lleva en los brazos, tiene que inclinarse hacia atrás, cuando se lleva el peso en una mano, por ejemplo un cubo de agua, hay necesidad de inclinar el cuerpo hacia el lado opuesto, poniendo tendido el brazo de dicho lado á fin de colocar tanto como es posible el centro de gravedad á su primera posicion. La estabilidad del cuerpo seria mucho mayor, llevando un cubo en cada mano, porque en este caso no habria necesidad de ningun esfuerzo para sostener el equilibrio.

Un hombre montado sobre un caballo está sentado con mayor seguridad, cuando lleva peso en los pies; por este motivo muchos postillones van calzados con grandes botas.

La generalidad de las actitudes que tomamos para guardar el equilibrio, las hacemos instintivamente como les sucede á las aves y demas animales. Al aproximarnos á contemplar de cerca un precipicio, llevamos uno de los pies hácia adelante á fin de aumentar la base y hacer que la línea de direccion no salga de ella.

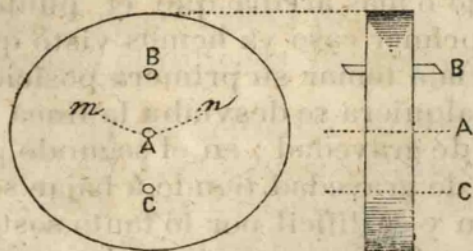
Los funámbulos para andar sobre la maroma á fin de guardar la línea de direccion, se sirven de un balancin mas pesado en sus extremos, el cual sirve de contrapeso para sostener el equilibrio cuando el cuerpo se inclina á uno ú otro lado; estando el balancin en una situacion perpendicular á la cuerda, él que anda sobre ella conserva la línea de direccion; á cuyo efecto, tiene siempre la vista fija en un punto, para conocer si su centro de gravedad se inclina hácia la derecha ó hácia la izquierda. En defecto de balancin hacemos uso de los brazos que tendemos en cruz cuando tenemos que andar sobre una superficie estrecha.

Tambien los animales conocen las leyes del equilibrio y podemos observarlo muy bien en los ánades segun las diferentes posiciones que toman: cuando vuelan, alargan el cuello y la cabeza, lo que lleva su centro de gravedad hácia adelante; pero al mismo tiempo tienden las patas hácia atrás para establecer equilibrio; por el contrario, si andan sostienen la cabeza hácia atrás, por que sus patas están mas hácia adelante; cuando nadan, como tienen las patas algo inclinadas hácia atrás sostienen el cuello vertical. Muchas aves para dormir inclinan la cabeza hácia atrás y la colocan debajo del ala á fin de concentrar puede decirse todo su peso sobre las patas.

Equilibrio inestable. Los cuerpos pueden tomar dos

posiciones de reposo, segun que el centro de gravedad esté mas abajo ó mas arriba que el punto de suspension ; en el primer caso ya hemos visto que el cuerpo tenia tendencia á tomar su primera posicion cuando por una causa cualquiera se desviaba la línea de direccion de su centro de gravedad ; en el segundo por el contrario, el centro de gravedad tiende á bajar sobre el centro de suspension y es difícil por lo tanto sostener el equilibrio. En este caso por poco que el cuerpo se incline á uno ú otro lado, lejos de volver á tomar la posicion de equilibrio que antes tenia, se separa cada vez mas de ella; lo que constituye un equilibrio *inestable*. Un ejemplo de dicho equilibrio se nota en el baston cuando tratamos de sostenerlo sobre un dedo por uno de sus extremos. Un fenómeno curioso sucede en el equilibrio inestable y consiste en que es mas fácil sostener dicho equilibrio cuando el baston tiene mayor peso á la extremidad superior que á la inferior; lo que parece contradecir lo dicho anteriormente de que un cuerpo tiene menos estabilidad, cuanto mas alto se halla el centro de gravedad del punto de suspension. Esto tiene su explicacion en que un cuerpo colocado vertical y en situacion de equilibrio inestable tiene menos tendencia á caer, cuanto mayor sea el radio de círculo que dicho cuerpo debe recorrer, porque en este caso el equilibrista podrá mas fácilmente compensar las desviaciones. Mucha menos dificultad de equilibrio presenta una larga percha que un corto baston. Los que se sirven de zancos para vadear un rio ó para andar por terrenos arenosos, están menos expuestos á caerse cuanto mas largos sean estos.

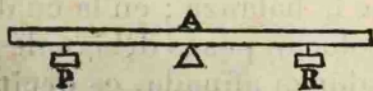
Equilibrio indiferente. Cuando un cuerpo, cualquiera que sea la posicion que tome, permanece en equilibrio, se dice que su equilibrio es indiferente ; lo que sucede á una esfera homogénea , cuyo centro de gravedad y centro de la figura se encuentran en un mismo punto.



A fin de formarse una idea mas exacta de los tres estados de equilibrio mencionado, vamos á transcribir lo que dice Pouillet al efecto. «Supongamos por ejemplo un disco homogéneo, véase la fig. 2.^a agujereado por tres orificios a, b, c, y cuyo centro de gravedad esté en el centro de la figura; este disco estará en equilibrio en todas las posiciones al rededor de un eje que pase por el agujero central á y este equilibrio se llama *indiferente*: si el eje pasa por el agujero superior b el equilibrio es estable, porque el cuerpo tiende á volver á él cuando se le aparta; se ve en efecto que haciendo volver el disco un poco al rededor de su eje el centro de gravedad marcha á la derecha ó á la izquierda por el arco *m n*. Ya no está mas sostenido porque no se halla mas sobre el plano vertical del eje de suspension, y descende para volver despues de una série de oscilaciones á detenerse en este plano; si el eje pasa por el agujero inferior el disco puede aun matemáticamente estar en equilibrio: esto tendrá lugar si el centro de gravedad se halla exactamente en el plano vertical del eje; pero este es un equilibrio *inestable* porque en el momento en que el centro de gravedad sale de este plano se separa de él mas y mas y describe una semicircunferencia entera para venir á detenerse debajo del eje de suspension.

De la palanca.

La palanca es la mas sencilla de las máquinas y la primera inventada por el hombre; se reduce á una barra inflexible de hierro, madera ú otra materia dura, móvil al rededor de un punto fijo que se llama punto de apoyo, en cuyos extremos obran á un lado la potencia y en el otro la resistencia. Se distinguen tres géneros de palancas segun el lugar que ocupe el punto de apoyo con relacion á la potencia y resistencia. La palanca de primer género es aquella en que el punto de apoyo A está entre la potencia P y la resistencia R fig. 3.^a En la



palanca de segundo género la resistencia se halla entre el punto de apoyo y la resistencia; en la de tercer género la potencia cae entre la resistencia y el punto de apoyo. Las distancias que hay desde la potencia y resistencia al punto de apoyo se llaman brazos de la palanca. Cuando los brazos de la palanca son iguales y la potencia y resistencia son tambien iguales, resulta equilibrio entre ambas fuerzas; pero si los brazos de la palanca son desiguales, para que resulte equilibrio es necesario que siendo doble ó triple la resistencia, sea tambien doble ó triple la longitud del brazo de la palanca que representa la potencia. Por eso se dice que la potencia y la resistencia están en razon inversa de los brazos de la palanca. Segun este principio, el hombre empleando una fuerza capaz de levantar un quintal, podria levantar cuerpos que pesáran cien, mil, quintales, con tal que el brazo pequeño de la palanca fuera cien, mil veces menor que el otro.

Arquímedes hablando de la palanca decia, que si le