

mas pesadas que la figura, queda claro que la figura no las ha de poder levantar, así como cuando un brazo de la balanza está mas cargado y pesa mas que el otro cae, y el mas ligero se levanta, así tambien como las guarniciones de las espadas pesan mas que la figura han de caer; y como no pueden estar abajo sin estar la figura levantada hácia arriba, por eso siempre se conserva en pie, y por mas que la inclinen siempre se vuelve á enderezar. Pero ya veo que no comprendéis bien esto, porque no os he hablado todavía del centro de gravedad. Vamos á tratar de este punto que no dejará de interesaros.

§ V.

Trátase del centro de gravedad y sus aplicaciones á la arquitectura.

TEOD. — Llamamos *centro de gravedad* aquel punto, por el cual si colgásemos un cuerpo todas sus partes quedarán en equilibrio.

Ya veis que siendo cuerpo homogéneo, esto es, de una misma materia, y de figura regular, como una regla de madera ó de marfil (Fig. 44.); aquel punto que queda bien en medio, así de su latitud como de su longitud, y bien en medio del grueso que tiene, es el que debe llamarse centro de la gravedad,



Fig. 44.

porque entonces si suspendiésemos la regla por ese punto quedarían todas las partes en equilibrio. Pero si la regla fuese mas pesada en uno de sus lados *m*, ya el centro de su gravedad no estaría en el punto del medio, sino que estaría hácia la parte de *m*, pues si así no fuera la parte *m* caería hácia abajo. De aquí se infiere que en el cuerpo humano el centro de la gravedad no es punto alguno fijo, porque si estamos en pie con los brazos caídos y la cabeza derecha será cierto punto en el vientre; pero si movemos los brazos hácia delante se muda el centro de gravedad, porque entonces la parte de adelante pesa mas que hácia las espaldas, y en este caso conviene tomar por centro otro punto mas retirado de la espalda: lo mismo se dirá cuando los brazos se mueven á los lados, la cabeza se inclina, etc. De este modo en los animales se muda el centro de gravedad con cada movimiento que hacen sus miembros. El modo práctico de hallar en un cuerpo inanimado, irregular, el centro de gravedad, es tomar un cuchillo, sentarle sobre la mesa con el corte hácia arriba, y poner sobre él el cuerpo atravesado, empujándole ya mas ó ya menos, hasta que en su longitud quede en equilibrio: despues cárguese sobre el cuerpo para que el cuchillo deje una señal impresa en él; quítese y póngase de otro modo sobre el cuchillo: váyase tentando el equilibrio, y cárguese del mismo modo que antes; adonde se junten las dos señales y se crucen, allí es el centro de gravedad. En el grueso no se puede hallar de este modo con facilidad si es poco; pero siendo mayor debe hacerse la misma diligencia, y de este modo cuanto la línea

señalada con el corte del cuchillo distare de la superficie primera de la tabla, v. g., tanto ha de tener de profundo el agujero hecho en la encrucijada de las dos primeras señales para hallar el centro de gravedad. Si la figura del cuerpo es muy regular en todo, en el grueso, longitud y latitud es casi imposible hallarle sin engaño. Mas supuesto que se haya hallado, os voy á dar en varias proposiciones la doctrina para esplicar muchos efectos, unos ordinarios y comunes, y otros admirables y extraordinarios.

EUG. — Me hareis mucho favor, pues ya empiezo á columbrar en esto la razon de muchas cosas que hasta ahora he ignorado.

TEOD. — Vamos á la pizarra otra vez y establezcamos que *si el centro de gravedad está sostenido, el cuerpo no puede caer; pero si el centro no se sostiene, en el instante cae el cuerpo* (Fig. 45.).

Pongamos A sobre el borde de una mesa, y vamos empujando este cuerpo hácia fuera, hasta tanto que la línea que viene á plomo desde el centro caiga en la mesa no caerá el cuerpo; pero desde el punto en que saliere, de forma que la tal línea caiga fuera de la mesa, el cuerpo se precipitará. Esto basta para entender la ley. La razon y prueba de la ley en general es esta: el centro si está sostenido no puede caer; ahora pues para que el cuerpo caiga estando fijo el centro, es preciso que haya de caer hácia un lado ó hácia otro; pero esto no puede ser, porque



Fig. 45.

ambos estan en equilibrio como se supone, y no hay mas razon para un lado que para otro; luego el cuerpo quedará inmóvil, así como si suspendemos una balanza por el eje queda inmóvil, porque el eje está seguro y no cae, y estando él fijo, la balanza debiera caer hácia un lado ó hácia otro, mas estando en equilibrio no hay razon de precedencia; pero si suspendemos la balanza, no por el eje sino por alguna parte á lo largo, ya caerá, porque las dos partes no quedan en equilibrio. Advierto ahora *que si el centro está seguro, todo lo que cae á plomo así hácia arriba como hácia abajo tambien lo está*: los puntos hácia arriba, porque no pueden bajar sin penetrarse con el centro fijo que está con ellos á plomo, los otros que caen por debajo tambien á plomo no pueden faltar sin separarse del centro que está fijo; y así toda la línea á plomo del centro fijo es línea segura. Esto supuesto hay tres modos de suspender el centro de la gravedad, combinando con él el centro del movimiento ó el punto fijo (Fig. 46.). Pongamos una regla igual de ambas



Fig. 46.

para poder atravesarla con un alfiler. Primeramente, si atravesamos la regla por el agujero del medio, aseguramos el centro de gravedad asimismo, poniendo en él el centro del movimiento. En segundo lugar, si atravesamos la regla por el agujero superior, aseguramos el centro de gravedad por arriba, quedando suspenso, y queda el centro de gravedad mas abajo

que el centro del movimiento. En tercer lugar, si atravesamos la regla por el agujero inferior aseguramos el centro de gravedad por abajo; pero entonces queda el centro de gravedad encima del centro de movimiento.

Entendido esto os doy tres resoluciones ó reglas. Primera, *si el centro del movimiento se confunde con el centro de la gravedad, en cualquier postura que se coloque el cuerpo quedará inmovil*; porque si todo de parte á parte está en equilibrio, ninguna parte puede mover ó abatir á la otra.

Por eso atravesada la regla por el agujero del medio se está quieta. Segunda, *si el centro de la gravedad queda debajo del centro del movimiento no puede caer el cuerpo, y balanceando vendrá á buscar la situacion primera*. Y así si clavamos la regla por el agujero superior (Fig. 47) y la movemos,



Fig. 47.

ella por sí misma irá buscando la situacion horizontal. La razon es, porque en esta situacion el centro estaba suspendido por arriba, y la regla horizontal no podia caer por sí; pero moviéndola hácia el uno ó el otro lado, como el centro queda fuera de la línea á plomo, caerá hácia abajo; mas cayendo (Fig. 47) viene á ponerse en la línea á plomo que está sustentada por el clavo; y aunque el movimiento, semejante al del péndulo, la haga pasar á otra parte, de allí la volverá, y quedará últimamente en la línea del plomo. Tercera, si el centro de gravedad queda encima del centro del movi-

miento (Fig. 48) en retirándose el centro de esta línea el cuerpo se precipitará: v. g., si colgamos la regla por el agujero inferior será muy difícil que



Fig. 48.

no caiga esta regla; porque en cuanto estuviere bien horizontal, el centro está sostenido por el clavo que cae por debajo de él; pero si desmiente cualquier cosa del nivel, ya el centro de gravedad sale hácia fuera de la línea á plomo, y como cada vez se aparta mas la regla caerá del todo.

EUG. — ¿De suerte que va mucha diferencia entre sustentar el centro de gravedad por arriba ó por debajo?

TEOD. — Cuando lo sustentan por arriba el cuerpo podrá moverse, y buscará por sí mismo el estado en que estaba, porque el centro de gravedad (Fig. 47) cuando saliere fuera del plomo sube, y si la dejaren cae, y cuanto mas cae mas busca el plomo, por lo que quedará seguro; pero cuando el centro de gravedad se sustenta por debajo (Fig. 48), en saliendo fuera del plomo cae, y si le dejan caer cada vez se desvía mas de la línea del plomo en la que solamente podia estar seguro. En este caso el centro hace cayendo un arco convexo, en el otro le hace cóncavo; por eso en un caso cuanto mas baja mas busca el plomo, en el otro cuanto mas descende mas huye de él. No desprecieis esta doctrina que os servirá para mucho, y en especial para la doctrina de la balanza comun, sobre la que luego os diré algunas cosas que os agradarán.

EUG. — Esto supuesto, podreis explicar varios efectos naturales, ya sabidos de todos, ya solamente de los que estudian.

TEOD. — En efecto es así y voy á hacerlo. Cualquier cuerpo A (Fig. 49) como es un grandísimo queso de Parma ó de *Gruyere*, que son todavía mayores, se puede sostener sobre un palo del grueso de un dedo si le saben buscar el centro de gravedad. Porque poniendo el centro sobre un lugar fijo no puede caer ni á plomo por estar fijo el lugar, ni hácia uno ni otro lado, porque todo se supone en equilibrio; luego no puede caer. No obstante á cualquier

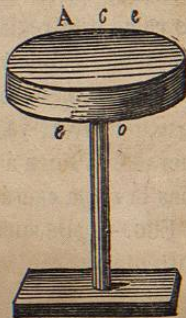


Fig. 49.

movimiento que le den al punto caerá, porque en saliendo el centro de la línea á plomo ya no la podrá hallar. Por la misma razon se puede sostener una espada, un baston etc. sobre una uña corriendo una sala, pero se ha de hacer de suerte que el centro de gravedad siempre esté á plomo en toda la sala.

EUG. — Los que danzan en la maroma por solo este precepto harán todas aquellas habilidades, porque tienen cuidado con que el centro de gravedad caiga siempre á plomo en la cuerda.

TEOD. — Para esto se sirven de un palo grueso, entrando este en las manos del bailarín en cuenta para el centro de gravedad; nuestro centro de gravedad naturalmente corresponde al vientre, como á la mitad del grueso, frente del ombligo: no obs-

tante, si tengo un peso en las manos, á proporcion que me inclino adelante ó á los lados, se va mudando el centro de gravedad, y por esto cuando advierten que el cuerpo se inclina á un lado ponen el palo al lado opuesto, y va el centro de gravedad á buscar la cuerda para descansar sobre ella.

EUG. — No deja de ser una habilidad.

TEOD. — Cuando andamos naturalmente se mueve la cabeza hácia los lados, lo que se observa poniendo una línea fija detras del que va andando, y se advertirá que siempre va poniendo la cabeza á plomo del pie sobre que se afirma; y como ya nos afirmamos sobre el pie derecho, ya sobre el izquierdo, vamos siguiendo con la cabeza los mismos movimientos. La razon de esto es, porque siempre el centro de gravedad ha de caer á plomo sobre el pie que nos sirve de base, y en el que estribamos para no caer.

EUG. — Teneis mucha razon: así sucede.

TEOD. — Los arrieros cuando van á pie llevan los brazos pendientes, balanceando á uno y á otro lado, lo que les facilita mucho el andar. La razon es, porque los dos brazos en el balanceo que hacen á la derecha llevan el centro de gravedad hácia esa parte, y así los músculos del resto del cuerpo no tienen el trabajo de impeler á esta parte el peso del cuerpo y el centro de gravedad.

EUG. — Dejarme citar un ejemplo y dar la razon de él. Cuando nos deslizamos cayendo á un lado vamos naturalmente con los brazos á la parte opuesta, apartándolos mucho del cuerpo para ver si de este modo evitamos la caída, convirtiéndola

en cabriola. La razon es, porque si el pie resbaló al lado derecho, hácia allí va la base; luego conviene que hácia esa parte vaya tambien el centro de gravedad para quedar sobre ella. Mas para esto conviene mover hácia ese lado cualquier parte del cuerpo, y los brazos son los que se hallan mas prontos; por eso acudimos luego á estenderlos con fuerza hácia esa parte, y muchas veces nos sostenemos sin caer.

TEOD. — Os habeis explicado perfectamente. En los carruages se debe observar en donde está el centro de gravedad para saber el peligro que tienen de volcarse. Todas las veces que la disposicion del carril los inclina de suerte que el centro de gravedad caiga fuera de la base, que es la distancia de las ruedas, ya se sabe que volcarán; pero quanto mas alto esté el centro de gravedad mas facil es salir este fuera de la base, porque describe un arco mayor cuando se inclina la calesa. Por eso se observan los siguientes casos.

Una calesa vacía cae con mas facilidad que cuando lleva gente, porque con la gente va el centro de gravedad mas hácia abajo. Un carro cargado de paja volcará mas fácilmente que el que lleva barras de hierro, porque en este va el centro de gravedad casi en el sojado del carro, y es como imposible que vuelque; pero en el de paja va muy alto el centro de gravedad. Para correr la posta y evitar los balanzos se cargan de plomo las sillas para que el centro de gravedad quede muy bajo. Para el mismo efecto hacen las ruedas muy anchas, con el fin de que la base sea muy grande, y no suceda caer fuera de ella el centro de gravedad. Las sillas mas airosas

que se usaron en algun tiempo, y cuyas cajas tenian una base estrecha y las cabezas muy grandes, se volcaban á cada paso.

EUG. — Decidme la razon de lo siguiente. Si un hombre se arrima á una pared con los pies á la francesa, como dicen, tocando con los carcañales en la pared, no podrá recoger el sombrero si se le cae en el suelo por delante.

TEOD. — La razon es, porque la base de este hombre es el espacio que se comprende desde la línea que pasa por las estremidades de los pies hasta la pared. En tanto que el hombre está á plomo cae el centro de gravedad en esta basa; pero bajándose para tomar el sombrero es preciso que salgan las rodillas hácia afuera, como tambien la mano al recogerle. Esto hace que el centro de gravedad se mude hácia adelante, caiga fuera de la base, y venga el hombre á caer de bruces.

EUG. — Si me siento en un taburete llegando con las rodillas á la pared, y con los pies tocando tambien en ella, no puedo levantarme si no es que retiro hácia atras los pies.

TEOD. — La razon es, porque estando sentado cae el centro de gravedad en el taburete: para poneros en pie es preciso que este centro caiga sobre los pies; para esto es necesario dar al cuerpo un grande movimiento hácia adelante, y en este movimiento temeis romperos la cabeza contra la pared. Ya se supone que han de estar los pies en la postura natural. El que tuviere los pies muy largos, como hace base grande podrá tal vez levantarse, aunque con trabajo, porque hace la base en

los carcañales distantes de la pared, y sobre ellos cae el centro.

Sobre un plano inclinado (Fig. 50) conduce mucho la figura del cuerpo para sostenerse ó rodar. Si el cuerpo es redondo A, por poco que se incline el plano ya el centro de la gravedad cae fuera de

la base: en el que es ochavado B el centro de la gravedad cae dentro de la base, si fuere poca la inclinacion, y mucho mas en el que es cuadrado C; mas tanta puede ser la inclinacion del plano que todos vayan rodando por la razon ya esplicada.

Una esperiencia se hace segun estos principios, que admira á los que la ven. Se pone sobre un plano inclinando un cilindro grande (Fig. 51), y en vez

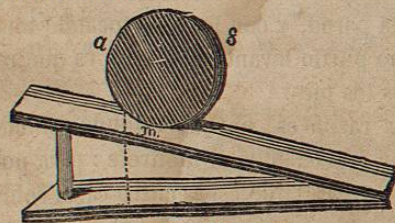


Fig. 51.

de caer sube por sí mismo,

y en cierta distancia para sin que ninguno le sostenga.

EUG. — ¿Y en qué consis-

te el secreto de este cilindro?
TEOD. — En que tiene dentro una grande porcion de plomo arrimada toda á un lado, y de aquí proviene que el centro de gravedad no está en el centro del volumen, sino cerca del borde en *a*. En

este caso el tal centro *a* cae fuera de la base hácia la parte de arriba, porque así colocaron de propósito el cilindro; y como el centro queda fuera de la base debe caer. Pero el centro *a* cayendo hácia abajo hace que el cilindro todo vaya rodando por el plano arriba hasta que el centro quede junto á la base *m*, y entonces para este cuerpo. Mas para quien ignora el secreto es cosa admirable ver el cilindro balanceándose en el plano inclinado, ya hácia abajo, ya hácia arriba, hasta sostenerse por sí mismo en un cierto parage. Advierto que la tabla que sirve de plano no debe estar muy lisa, porque no resbale el cilindro.

SILV. — Otra esperiencia hay muy galante, que tambien admira mucho á primera vista (Fig. 52).

Formemos un cuerpo A de dos pirámides, mejor diré conos, juntos por las



Fig. 52.

bases. Deben ser de madera pesada y bien torneada (algunos los hacen de bronce). Se tienen preparadas dos reglas BD, juntas en una estremidad D, y abiertas por la otra B. En la estremidad abierta tienen estas dos reglas unos resaltes que las levantan, y en la parte D, en que estan juntos, sientan en llano: preparadas así, se pone el cuerpo A, y se atraviesa sobre las reglas, y se ve con admiracion que en vez de rodar hácia la parte del ángulo D, en que las reglas estan mas bajas, rueda hácia la B, en que las reglas estan visiblemente mas levantadas; de suerte que es preciso

poner allí dos clavitos para que el cuerpo no salga fuera de las reglas. Si acaso impelen el cuerpo A hácia D, va sí; pero acabado el impulso vuelve por sí mismo hácia la parte mas alta B. Esplicad Teodosio, vos que lo teneis mas á mano, la razon de este experimento.

TEOD. — Este efecto es engañoso: parece que el cuerpo sube, y verdaderamente baja; y esto se conoce midiendo cuánto dista del bufete cuando está en D y cuando está en B: en las estremidades unidas D, como el cuerpo A no puede entrar en el hueco de las reglas, dista del bufete toda la altura de las reglas; pero en las estremidades abiertas B como puede entrar por ellas casi todo toca en el plano. Advierto que para que el efecto suceda como se desea, los resaltes de las estremidades abiertas B deben tener de altura menos del semidiámetro del grueso del cuerpo A, porque el cuerpo A solo puede entrar por las reglas con la mitad del hueco, esto es, *oe*, *oo*, y aun menos; luego si las reglas levantan mas, el cuerpo no podrá buscar las estremidades abiertas, porque entonces ya no baja caminando hácia esa parte.

EUG. — Decidme la razon fisica de este efecto.

TEOD. — Es la siguiente (Fig. 55). Tirando una linea central en A de punta á punta, por fuerza ha de pasar por el centro de gravedad del cuerpo; y si tiramos una linea por la superficie inferior del cuerpo, que corresponda á plomo á esta linea central, esta linea *mn* es la que debe ser sustentada

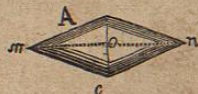


Fig. 55.

para que el cuerpo quede inmovil. Si las dos reglas fuesen paralelas *oo*, *cc*, entonces sin duda que está linea *mn* quedará sostenida, esten muy separadas las reglas ó esten poco; pero si las reglas se pusieren juntas en una estremidad, entonces no pueden tocar en los puntos de esta linea *mn*, porque de la parte que se juntan encontrarán con A antes que toquen en los puntos de la linea *mn*, que está á plomo en la central: siendo esto así, los puntos que tocan las reglas no son de la linea *mn*, sino que quedan á un lado, y la tal linea *mn*, sobre que cae el centro de la gravedad, queda en vago, y ha de caer; y así el cuerpo rueda, no hácia la parte del ángulo D, en que las reglas se juntan y los puntos estan seguros, sino hácia la parte opuesta, porque allí es donde el cuerpo está en vago y descende.

EUG. — No os canseis en amontonar mas hechos pues bastan los espuestos.

§ VI.

Del centro de gravedad imaginario y de los principios de la arquitectura.

TEOD. — Veamos ahora otro centro de gravedad.

EUG. — ¿Cómo otro centro de gravedad?

TEOD. — El que se llama imaginario, el cual sigue las mismas leyes que el verdadero.

EUG. — Andad diciendo.

TEOD. — Pongamos un ejemplo (Fig. 54). Supongamos una tabla redonda abierta por el medio: esta tabla no tiene centro de gravedad