

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 levantaren 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

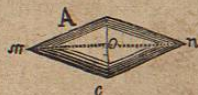


Fig. 55.

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

real y verdadero, porque por cualquier punto que

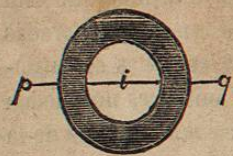


Fig. 54.

mismo modo para determinar los efectos.

La razon es, porque si el hueco estuviera ocupado con materia homogénea, no solamente se compensaba por una parte con la que ocuparia la parte opuesta, sino que tambien en el anillo se contrapesaba la materia de una parte con la correspondiente en su opuesta, y las acciones de su peso mutuamente se destruirian; y de este modo quedaban las partes del anillo en equilibrio entre sí como si no existiese la tal materia del hueco; luego quitada esa materia del lugar que queda en hueco podemos proceder del mismo modo.

De aquí se sigue que es muy facil sustentar un plato en la punta de un cuchillo si se pone con el cóncavo hácia abajo; pero que es casi imposible con la concavidad hácia arriba.

La razon de esto es, porque el centro de gravedad está en el cóncavo del plato por causa del borde que siempre levanta. Si ponemos la punta del cuchillo en el medio del fondo por la parte cóncava, viene á quedar el centro de gravedad debajo del centro del movimiento, y de este modo se asegura conforme á lo dicho. Si volcamos la concavidad hácia arriba, será muy difícil que se sostenga en equi-

librio, porque entonces queda el centro de gravedad sobre el centro del movimiento, y allí no influye en el equilibrio.

La figura de palo que baila con las espadas en la mano se sustenta y danza sin caer, mientras que el centro de gravedad cae debajo de la punta del pie sobre que estriba la figura; porque es regla general: *cuando el centro de gravedad queda debajo del centro del movimiento, el cuerpo no puede caer de cualquier modo que se mueva.* Pero si encorvando menos las espadas, ó disminuyendo el peso, hacemos que el centro de gravedad suba sobre la punta del pie, caerá sin remedio la figura al menor movimiento, porque hay otra regla general que dice: *cuando el centro de gravedad se halla sobre el centro del movimiento, si el cuerpo se mueve debe caer.*

Cuando un cuerpo está seguro por un punto, cualquiera que sea, el centro de gravedad viene á buscar necesariamente la linea á plomo de este punto.

La razon es, porque si el cuerpo está seguro solo por un punto, todo lo demas está en el aire, y el centro de gravedad tambien, y por consecuencia este centro ha de caer y bajar cuanto pudiere; pero él no puede bajar mas sino en cuanto se pone en la linea á plomo que va del punto fijo hácia abajo; así como cualquier péndulo no puede descender mas que en cuanto está á plomo del clavo que lo asegura.

En virtud de esta regla se hacen varias esperiencias que admiran; una es esta: tomad una tijera ó llave (Fig. 55.), enganched en ella ungarabato como de candil ó cosa semejante *a*, de suerte que haga

con la llave un ángulo agudo que no se pueda abrir :



Fig. 55.

colgad de él un peso cualquiera, y vereis que todo se sostiene de la punta de la llave ó tijera sin que pueda caer.

Por mas que el peso se mueva lo sustentará la punta de la tijera, y observareis que el centro de gravedad viene á buscar la línea á plomo que va de la punta de la tijera abajo. Aunque pongais la punta de la tijera en el mismo borde de la mesa sucederá lo mismo como no resbale. La razon de la esperiencia está en la razon de la ley.

Si el ángulo *m a n* no fuere agudo nada se consigue, porque para venir el centro de gravedad á buscar la línea del plomo se queda la tijera inclinada hácia abajo, y la punta [no queda levantada hácia arriba, y por esto el pico no puede prender.

EUG. — Os protesto que me habeis deleitado en extremo.

TEOD. — Ahora quiero haceros arquitecto en cuatro palabras, y puesto que sabeis todo lo que pertenece á la solidez de los cuerpos y al centro de gravedad; voy á daros los principios elementales de la arquitectura, ó arte de edificar que se funda en las siguientes proposiciones.

PROPOSICION PRIMERA. *Toda columna, si fuere igual en todo y puesta á plomo, es capaz de sustentar un peso infinito.*

La razon es, porque siendo en todo igual, y estando á plomo, no hay motivo para que blandee mas á una parte que á otra. Luego solo puede ceder al peso, penetrándose con el pavimento (el que se supone firmísimo), ó compenetrándose las partes de la columna superiores con sus inferiores, lo que es imposible.

I<sup>a</sup> *Consecuencia.* De aqui se sigue que cuanto mas alta sea la columna hay mas peligro de que falte, porque es mas facil que no sea en todas sus partes igual, y si tuviere alguna que sea debil por allí se puede arruinar; por consiguiente *cuanto mas corta sea la columna es mas segura.*

EUG. — Por esta razon sin duda los mosquitos y las moscas de caballo con aguijon delicadísimo penetran el cuero del buey y del caballo, porque usan de él, sacándole muy poco á poco de la vaina; de suerte que la parte desenvainada por ser cortísima es fortísima.

TEOD. — II<sup>a</sup> *Consecuencia.* *La columna cuanto mas ancha es mas segura.*

La razon se infiere de lo dicho, porque siendo mas ancha se considera divisible en muchas mas columnas; y aunque alguna sea desigual, y por esa parte flaquee, podrá hallarse en toda la anchura una columna que sea bien igual, y esta sustentará el peso que las laterales no sustentarian.

PROPOSICION SEGUNDA. *La columna que no está á plomo sustenta mucho menos que si lo estuviese.*

De dos modos se puede impedir que un cuerpo baje (Fig. 56.); el uno es, porque su solidez é impenetrabilidad con el suelo lo detiene, como A; el

otro como B es, porque la union del cuerpo *m* á otro *n*, que está seguro, le impide que caiga : el primer modo es mas firme que el segundo, porque habiendo fuerzas en la naturaleza para deshacer la union de *m* con *n*, no las hay para compenetrar unas partes con otras. En esta suposicion, estando á

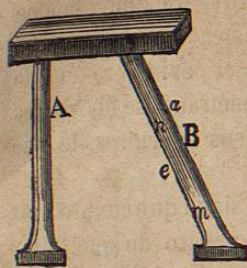


Fig. 56.

plomo la columna se sostiene, porque no puede caer sin compenetrarse con el suelo ; pero estando fuera de plomo se sostiene, porque *m*, parte superior de la columna que sustenta el peso, está unida á la parte inferior *n* ; pues bien se ve que *n* no toca en el suelo ó pavimento, y *m* no toca en la máquina superior. La linea vertical *ae* divide la parte que toca en el peso de la parte que se afirma en el pavimento ; pero la union de las partes de la materia nunca es, como dije, tan fuerte como su solidez y su impenetrabilidad.

I<sup>a</sup> *Consecuencia.* Cuando la columna se desvía mas del plomo es mas debil.

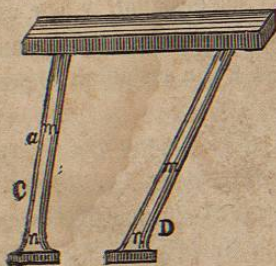


Fig. 57.

La razon es, porque la linea vertical *ea* que desde un ángulo de la basa (Fig. 57.) va á plomo hácia arriba, y divide la parte que pertenece al peso de la

parte que se apoya en el suelo, es mucho mas corta en D que en C, que está menos inclinada : de aquí proviene, que para caer la parte superior *m* solo la falta que falte la union con *n* en el espacio que va de *a* hasta *e* ; pero bien se ve que mas costará romper esta union por una linea mas larga, como en C, que en una linea mas corta como en D.

II<sup>a</sup> *Cuanto mas inclinado estuviere la columna, mas fuerte empuje debe tener en la base para que esta no huya.*

La razon de esta consecuencia es muy clara, porque estando la columna á plomo hace toda la fuerza contra el cimiento que se supone inmovil ; en dividiéndose del plomo se disminuye la accion de la columna hácia el suelo, y por consiguiente tiene accion contra los lados ; luego es preciso asegurar estos con buenos empujes ó apoyos para que no huyan.

III<sup>a</sup> *Con igual inclinacion mas sustenta una columna de madera que una de piedra.*

La razon es, porque las fibras de la madera todas tiran á lo largo de la viga ; y así para separar *m* de *n* (Fig. 57.) es preciso cortar muchas fibras : mas en la piedra no se hallan estas fibras á lo largo de la columna, y es tan facil partir por una linea como por otra.

PROPOSICION TERCERA. *La columna de piedra, compuesta de muchas piezas horizontales es mas segura que si fuera enteriza.*

Supongamos (Fig. 58.), que A está formada de muchas piezas horizontales, y que B es enteriza. Por la desigualdad en la constitucion de las partes de la

piedra puede suceder que estalle ó abra una hienda

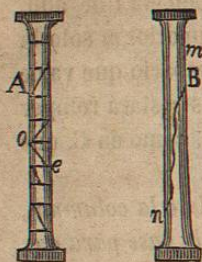


Fig. 58.

oblicua *mn*; entonces queda la parte superior de la columna desamparada y en falso. Hagamos la misma suposicion en la columna A, y que esta estalla oblicuamente por una pieza; la hienda no se comunicará á la pieza inferior, como sucedería si todo fuese una piedra.

SILV. — Tambien en esta columna de piezas puede haber una hienda que pase de un lado á otro como en la linea *oe*, y entonces habrá el mismo peligro que en la columna B.

TEOD. — Respondo que no es tan facil estallar una columna con el peso por una linea demasiado horizontal, y aun en este caso la linea, la que nunca es por igual, sino que tiene siempre sus dientes, por ser muy horizontal impediria que una parte se separase de la otra; y así como la separacion horizontal, y lisa ó igual de las diferentes piezas de la columna, no facilita que una huya de la otra por estar horizontal, mucho menos la separacion con dientes y concavidades, siendo muy horizontal, permitirá que una parte pueda huir de la otra y caer.

PROPOSICION CUARTA. *Dos columnas mutuamente inclinadas sustentan el peso superior.*

La razon es, porque se impiden recíprocamente para caer, y por este medio vienen á quedar firmes. (Fig. 59.)

Mas advierto, que cada una de ellas estando inclinada solamente sostiene el peso en virtud de la

union que tiene la porcion superior *m* con la inferior *n*, la cual union es mas ó menos fuerte, segun se ha dicho en la (prop. 2, y consec.), conforme fuere mas ó menos larga la linea, tirada desde la raiz de la base á plomo. Es decir.

I<sup>a</sup> *Consecuencia.* *Las columnas mutuamente inclinadas, sostienen mas cuando la inclinacion es menor.*



Fig. 59.

II<sup>a</sup> De aquí se saca la razon por qué en las ruedas de los coches, etc., los rayos que van del eje hácia abajo no caen á plomo, sino mutuamente inclinados, porque de esa suerte puedan bien sustentar el peso (Fig. 60.)

Ahora si se pregunta la razon por qué los rayos se forman de esta manera, y no perpendiculares al eje, ni á plomo respecto del suelo, es esta que voy á explicar. Si la rueda tuviese

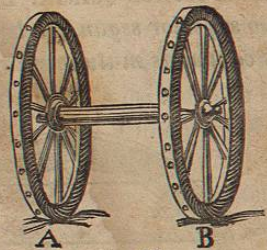


Fig. 60.

los rayos perpendiculares al eje y al suelo, como parece á primera vista que debiera ser, en levantándose una rueda A cargaria todo el peso sobre la otra B, y en esta el rayo inferior, sobre que vendria este peso, se hallaria inclinado como toda la rueda, é inclinado hácia fuera; de suerte que era muy facil romperse este

rayo, quebrarse la rueda, etc. Pero haciendo las ruedas con los rayos inclinados hácia dentro, cuando una rueda pasa por encima de una piedra la otra queda inclinada; pero el rayo inferior se queda á plomo, y entonces aunque todo el peso cargase sobre él no se quiebra. Por esto cuanto mayores son los obstáculos y desigualdades que se temen, mayor debe ser la inclinacion de los rayos. Porque estando derecho el carruage poco peligro corre de quebrarse los rayos aunque inclinados, no solo porque mutuamente se sostienen, sino tambien porque todo el peso se reparte en ambas ruedas; todo el peligro está en que el eje se levante de una parte, porque entonces la rueda que lleva el peso, y antes estaba á plomo, se queda inclinada; pero con este remedio los rayos que antes estaban inclinados ahora se quedan á plomo.

PROPOSICION QUINTA. *Las bóvedas sustentan el peso superior segun las leyes que hemos dado para las columnas mutuamente inclinadas* (Fig. 61.).

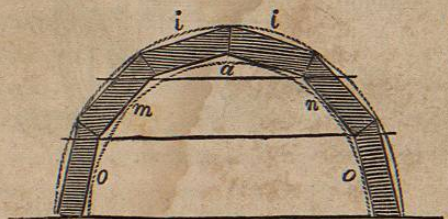


Fig. 61.

La razon es, porque como la bóveda se viene inclinando de los lados hasta cerrar en el medio, podemos considerar la bóveda como dividida en muchas porciones horizontales, y las líneas curvas consideradas como líneas rectas mas ó menos inclina-

das; en el cierre *a* las dos columnas *ii* se tocan y sostienen mutuamente: en la segunda porcion ó division las dos columnas *mn* se sostienen y apoyan en las primeras *ii* para no caer hácia adentro; y las columnas de la tercera division *oo* se apoyan en las segundas para no caer, etc. Si queremos considerar la accion del peso que sobre ellas carga, digo que el peso sobre el cierre hace la fuerza en las primeras columnas *ii*, [cuya base oprime á las segundas *mn*, estas oprimen á las otras *oo*, y finalmente *oo* oprimen el suelo. De esta doctrina sale, como naturales consecuencias, todo cuanto se observa acerca de las bóvedas.

EUG. — ¿Y cuales son estas consecuencias?

TEOD. — Helas aquí.

*I<sup>a</sup> Consecuencia.* Si solamente cargamos sobre el cierre de la bóveda en el punto *a* fácilmente se puede arruinar.

La razon es, porque cargando este peso solamente en *a*, impele las columnas *ii* hácia los lados, y fácilmente se pueden levantar, y salir hácia afuera los ángulos que estas forman con las columnas *mn*, y caerá por tierra el cierre *a*, pues sus esquinas no tienen quien las asegure ó impida que se levanten y salgan hácia afuera: y por esto, en la esperiencia del huevo, si no se le ponen las almohadillas luego se quiebra, porque carga el peso solamente sobre el cierre.

*II<sup>a</sup> Si cargamos no solo el cierre de la bóveda, sino tambien los lados de ella, quedará segurísima.*

Por cuanto en este caso las columnas *ii* tienen toda su accion contra las columnas vecinas *mn*, y

estas no pueden huir porque el peso las asegura en los ángulos ó esquinas. Veis aquí por qué no se quiebre el huevo apretado en las manos, ni aun en la prensa, teniendo almohadillas que ciñan una buena parte de él.

IIIª *Cuanto mas baja ó abatida es la bóveda, será menos segura.*

Supuesto lo que dijimos de las columnas mutuamente inclinadas, es muy evidente esta consecuencia; porque en la bóveda abatida todas las porciones de ella, que consideramos como columnas, estan mucho mas inclinadas que en la que toma mayor vuelta. Esta es la razon por qué el huevo por las puntas resiste mucho, y por el ancho luego se quiebra; porque puesto á lo largo es una bóveda de vuelta grande, y por el medio muy abatida, y en el diámetro grande MN (Fig. 62.) las bases de las bóvedas superior é inferior

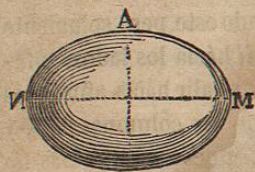


Fig. 62.

IVª *Las bóvedas abatidas, si las bases no hallan empujes suficientes, fácilmente se arruinan (Fig. 63.).*



Fig. 63.

La razon tambien es facil, porque no habiendo bue-

nos encontros en MN, el peso que carga sobre la bóveda hace que huyan hácia fuera las dos basas MN; y si estas huyen cae la clave ó el cierre, y todo se arruina como se dijo hablando de las columnas inclinadas.

Vª *La bóveda formada de muchas piezas es mas segura que la enteriza y la de pocas piezas (Fig. 64.).*

La vista sola de la figura hace ver la razon, y es la misma que dí hablando de las columnas. Si la piedra enteriza A estalla con el peso, se abrirá

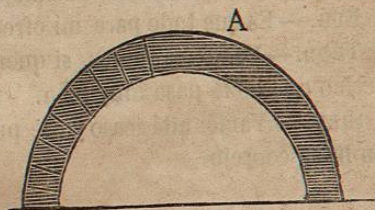


Fig. 64.

la bóveda como se representa, y entonces viene á tierra la clave por no haber cosa que la sostenga; pero en la parte opuesta, donde la bóveda se representa compuesta de muchos pedazos puestos como conviene, si uno ó muchos estallan, como la hienda no se comunica á las piedras ó ladrillos inmediatos, siempre queda la pieza que se abrió tan segura como las enteras, porque ninguna de estas partes puede caer por asegurarse todas mutuamente.

Aquí teneis en suma las consecuencias mas obvias que me ocurrieron sobre la doctrina de la solidez de los cuerpos y centro de gravedad: puede ser que todo esto sea para vos doctrina superflua; no obstante, acaso no supierais reducirla á los principios de la física mas simples y fundamentales, lo que es muy conveniente. Debemos saber las cosas, y el por

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