

CAPITULO IV

Del plano inclinado.

175. EQUILIBRIO DE UN CUERPO SOBRE UN PLANO CUALQUIERA. — Cuando un cuerpo se halla oprimido contra un plano fijo, y perfectamente unido por toda la superficie, por una fuerza dada, esta fuerza puede descomponerse en otras dos, una normal al plano y la otra situada en dicho plano. La primera, destruida por la resistencia del plano, no puede imprimir al cuerpo movimiento alguno; la segunda, sí, conserva toda su acción y produce todos sus efectos.

Por consecuencia, puede uno sentar este principio, á saber : *Que es necesario y basta que la fuerza sea normal al plano para obtener el equilibrio del cuerpo.* Mas aunque el cuerpo se apoye sobre una superficie curva, no por esto derogará á la ley que acabamos de establecer, porque puede substituir su plano tangente á la superficie, en el punto considerado, y así, *para obtener el equilibrio, la fuerza debe ser normal á la superficie en el expresado caso.*

De lo expuesto se desprende que una superficie perfectamente unida y aun pulimentada solo pueda destruir las *presiones* normales, y esto oponiendo á dichas fuerzas *resistencias* iguales y contrarias.

176. CONDICIONES DEL EQUILIBRIO DE UN CUERPO SOBRE UN PLANO. — Cuando un cuerpo recibe la accion de algunas fuerzas, entre las cuales figura la de su propio peso, y no se apoya sobre un plano fijo, ó sobre una superficie sólida mas que por el solo punto de contacto, es necesario, para que se ponga en equilibrio, que dichas fuerzas queden destruidas por la resistencia de la superficie, fuerza única normal aplicada al expresado punto de contacto.

Mas este equilibrio no podrá lograrse, como se deduce de estas explicaciones, sino observando las tres leyes ó reglas siguientes :

- 1.ª *Que todas las fuerzas tengan una resultante única.*
- 2.ª *Que esta resultante sea normal á la superficie.*
- 3.ª *Que pase por el punto de contacto.*

177. OBSERVACION. — Luego que un cuerpo se apoya sobre su plano por muchos puntos de contacto, cada uno de estos puntos determina una resistencia normal al plano. Debe notarse así mismo que todas estas fuerzas son paralelas y de un mismo sentido, y que pueden componerse en una sola, igual á la suma de todas ellas, normal, por consiguiente, al plano, y cuya direccion va á

parar al interior del polígono que forman los puntos de contacto.

Por fin, es necesario que todas las fuerzas que ejercen su accion sobre el cuerpo se equilibren completamente con la resultante. En suma, todo lo que precede puede reducirse así : *Que todas las fuerzas expresadas tienen una resultante única, normal al plano y dirigidas hácia el interior del polígono que forman los puntos de contacto.*

178. MOMENTOS Y GRADOS DE ESTABILIDAD DE UN CUERPO PESADO. — Luego que un cuerpo descansa sobre un plano horizontal, las reacciones del plano en los diversos puntos de contacto son fuerzas verticales, cuya resultante, siendo tambien vertical, cae necesariamente en el interior de la figura formada por estos puntos. Por lo tanto, para que el equilibrio exista es menester que esta resultante destruya el peso del cuerpo, y que la vertical que pasa por el centro de gravedad encuentre asimismo en su interior la superficie de apoyo. Pues bien; si una vez satisfecha esta condicion, el cuerpo, impedido por una causa cualquiera, no puede deslizar-se sobre el plano, en este caso, y sin turbar el equilibrio, deberá aplicársele cierta fuerza que determine el movimiento, cuidando, para obtener el efecto, que la resultante de la fuerza añadida no caiga fuera de la superficie de contacto.

Ahora, fácil es de conocer el *momento de la estabilidad* de un cuerpo sobre su plano; este no es

otro, según se concibe, que el instante en que el cuerpo resiste á la fuerza que le impele á moverse, instante que se repite tantas veces cuantas el cuerpo tiende á conservar su posición de quietud, ó que se opone al movimiento de rotación que se le imprime.

Generalmente, el momento de estabilidad de un cuerpo que descansa sobre el suelo varía con el arête que se toma por eje de rotación, ó con el elemento rectilíneo del contorno de su base, en cuyo rededor el movimiento tiene lugar. Así, se comprende que este momento es susceptible de un *minimum* que corresponde al eje más inmediato al pié de la vertical que pasa por el centro de gravedad. Si esta vertical encuentra el contorno de la base, entonces el *minimum* es nulo, y será negativo si cae fuera, y en tal caso no se podrá de modo alguno obtener el equilibrio, porque el cuerpo se moverá en derredor del elemento más inmediato, siempre que para evitarlo no se le oponga una fuerza suficiente, cuyo momento, con relación al eje, debe ser, cuando menos, igual al de resistencia del cuerpo.

En suma, para que la estabilidad de un cuerpo pesado sobre un plano horizontal quede asegurada, es necesario que su momento mínimo sea superior á la suma de los momentos de fuerzas que tienden á dirigir su movimiento de rotación sobre la suma de los momentos de las fuerzas que tienden á contenerlo.

179. EQUILIBRIO DE UN CUERPO PESADO SOBRE UN PLANO INCLINADO. — Coloquemos, pues, un cuerpo sobre un plano inclinado sólido y fijo que nada pueda alterarlo: sometámoslo en seguida á dos fuerzas, á saber; la potencia P (fig. 61) aplicada á

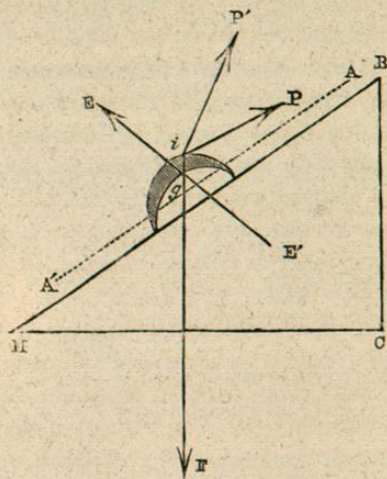


Fig. 61.

uno de sus puntos, y la resistencia F (peso del cuerpo) aplicada á su centro de gravedad g . Es necesario, además, para establecer el equilibrio, que ambas fuerzas tengan una resultante normal al plano inclinado, y que sean de un mismo plano, el cual, debiendo ser perpendicular al incli-

13.

nado en virtud de que contiene la normal, y al horizonte en virtud de que contiene la vertical, deberá ser asimismo perpendicular al trazado horizontal del plano inclinado. Pues bien; si ahora se hace una seccion, por este plano, en el sistema que nos ocupa, el horizonte quedará representado por la horizontal HC , el plano inclinado por la recta HB y la inclinacion del mismo por $CHB = i$. Ambas fuerzas, en este caso, van á encontrarse en i , y la resultante, dirigida segun la normal iE' , cae en el interior del polígono que forman los puntos de contacto. En este estado, conduzcamos luego por el punto i una paralela iA á HB y designemos con θ el ángulo iPA que hace con esta recta la potencia. Descompongamos la fuerza P en otras dos, en $P \cos. \theta$ dirigida hácia iA , y la otra $P \sin. \theta$ dirigida como iE' . Descompongamos tambien el peso F en otras dos fuerzas, la una $P \sin. i$ dirigida hácia iA , y la otra $P \cos. i$ dirigida siguiendo iE' . Por último, designemos con E la reaccion normal del plano, dirigido conforme iE , y veremos que las condiciones del equilibrio serán :

$$P \cos. \theta = F \sin. i, \quad E = P \sin. \theta + F \cos. i.$$

La primera ecuacion nos da la relacion que debe existir entre la potencia y la resistencia para obtener el equilibrio, y la segunda la intensidad de la presion que, en el caso supuesto anteriormente, suporta el plano inclinado.

Esta última podrá escribirse tambien, si se quiere, de este modo :

$$E = F \left(\cos i + \frac{P}{F} \sin. \theta \right),$$

ó bien reemplazando $\frac{P}{F}$ por su verdadero valor

$$\frac{\sin. i}{\cos. \theta} \quad (\text{que es la primera ecuacion}), \text{ y simplificando } E = F \frac{\cos. \theta (i - \theta)}{\cos. \theta}.$$

180. OBSERVACION. — Tanto para los casos explicados como para todos los demas que puedan imaginarse, debe tenerse presente :

1.º *Que la potencia paralela al plano inclinado es al peso que la mantiene en equilibrio, como la altura del plano á su longitud.*

2.º *Que la potencia horizontal es al peso que mantiene en equilibrio sobre el plano inclinado, lo que la altura de este es á su base.*

3.º *Que cuando las dos fuerzas se hacen equilibrio sobre el plano inclinado, el trabajo motor es igual al trabajo resistente respecto á todos los cambios compatibles con las condiciones del sistema.*

181. OTRA OBSERVACION. — Todo cuanto dejamos dicho en el segundo extremo del párrafo 178, puede aplicarse á los casos en que el cuerpo descansa sobre un plano inclinado. Queda en equilibrio si la

vertical conducida por su centro de gravedad encuentra la superficie de apoyo, y su estabilidad será tanto mayor cuanto mas lejana se halle esta vertical del elemento en cuyo derredor puede dar vueltas.

CAPITULO V

De las resistencias pasivas, ó de la cohesion y rozamiento de un cuerpo con otro.

I. Diversas especies de resistencia pasiva.

182. — Estudiando ó exponiendo en los capítulos precedentes sobre el equilibrio y movimiento uniforme de las máquinas, hemos omitido, con el fin de consagrarle un capítulo especial, el tratar de la accion é influencias de las resistencias pasivas.

Una máquina, como se sabe ya, está destinada á vencer ciertas resistencias, como son el peso de los cuerpos que tienen que elevar ó arrastrar la cohesion de las moléculas de los cuerpos que debe pulverizar, etc., etc. Empero, debe tenerse en cuenta que además de las resistencias *útiles* se producen otras que emanan de su movimiento, y las cuales, oponiéndose á su marcha, neutralizan una porcion mas ó menos importante de la fuerza motriz.

Comunmente estas resistencias se denominan *resistencias pasivas*.

183. RESISTENCIAS PASIVAS. — Cuatro son las especies de resistencias pasivas que se distinguen, por lo general, en las máquinas.

1.º *La rigidez ó tirantez de las cuerdas.* Hemos supuesto que las cuerdas y las correas son perfectamente flexibles é inextensibles: por lo tanto, se puede no tener en cuenta su inextensibilidad, ya porque por lo comun esta es demasiado débil é insignificante, ya porque solo se nota en los primeros instantes del movimiento; mas no sucede lo mismo en cuanto á su defecto de flexibilidad, puesto que á cada instante ofrece una resistencia continua en los puntos en que la cuerda y la correa se enroscan y desenroscan.

2.º *Rozamiento de la primera especie,* ó de desliz ó escurridura. Hemos supuesto tambien que los cuerpos en contacto estaban perfectamente lisos, y que por lo mismo las presiones que ejercian eran normales á sus superficies. Empero, no sucede así en todos los cuerpos que pueblan la naturaleza, y mucho menos respecto de ciertos cuerpos duros y pesados que las máquinas tienen que suportar, pulir y arrancar muchas veces de la superficie, y aun en realidad, los cuerpos mas duros y mejor alisados están erizados de asperezas que se encadenan ó encajan unas con otras cuantas veces una presion cualquiera las mantiene en contacto, y por lo mismo para deslizar una superficie sobre otra es menester destruir la resistencia que estas asperidades ofrecen al movimiento. Dicha resistencia es con

frecuencia considerable, en términos que pueden compararse á las fuerzas desplegadas ó puestas en accion por las máquinas, y de ahí proviene la necesidad de aplicar un trabajo suficiente, así para producir como para alimentar el movimiento de algunas máquinas.

3.º *El rozamiento de segunda especie* ó de rodadura: esta resistencia es mucho menor que la precedente, y por consiguiente impide menos el movimiento, como fácilmente se concibe.

4.º *La resistencia de los medios.* Como las máquinas se mueven generalmente en el aire ó en el agua, comunican á las moléculas de estos centros un movimiento que no puede producirse sino á expensas de la fuerza motora.

II. Leyes experimentales del rozamiento.

184. Cuando un cuerpo pesado descansa sobre una superficie plana y horizontal y que se le quiere deslizar sobre ella, se experimenta una resistencia que no puede vencerse sin el auxilio de una fuerza. Y en el caso en que esta fuerza sea insuficiente para determinar el movimiento, será necesario admitir que la reaccion de la superficie sobre el cuerpo se compone no solamente de la presion normal, sino tambien de una fuerza tangencial igual y contraria á la fuerza aplicada. Esta reaccion tangencial constituye el *rozamiento*. A medida que

la potencia crece, crece tambien el rozamiento que sigue siendo igual y contrario á la fuerza motora.

El valor de la potencia en este momento es la medida del rozamiento en el instante de ponerse el cuerpo en movimiento, que se llama *rozamiento de partida*.

Mas luego que dicho cuerpo continúa su movimiento sobre un plano horizontal, segun la velocidad adquirida anteriormente, se observa que su marcha disminuye hasta que llega á pararse enteramente, en lugar de continuar su movimiento constantemente, cosa que se verificara sin duda alguna si la reaccion del plano no fuera mas que normal. Así, es necesario admitir que el cuerpo experimenta de parte de la superficie una reaccion tangencial, llamada por los hombres de la ciencia *rozamiento durante el movimiento*. Ahora, si se aplicara al cuerpo una fuerza tangencial capaz de conservar su movimiento uniforme, esta fuerza destruiria á cada instante el roce durante el movimiento, y le serviria de medida.

185. COEFICIENTE DEL ROZAMIENTO. — Es necesario admitir, en virtud de lo expuesto, que cuando dos superficies se hallan en contacto, existe entre la presion normal P que ejercen la una sobre otra una fuerza tangencial F contraria y opuesta constantemente á la marcha del cuerpo tanto cuando esta se produce como cuando se halla ya producida. En su consecuencia, representaremos con F

el roce y la presion normal á un momento dado, de suerte que $F=FP$. Esta relacion es lo que se llama *coeficiente del rozamiento*. En seguida se considera mas particularmente su valor: 1.º al instante en que principia el movimiento, y entonces se denomina el coeficiente del rozamiento *á la salida*; 2.º durante que una de las fuerzas se desliza sobre la otra, y en este caso se llama coeficiente del rozamiento *durante el movimiento*.

Componiendo luego en una sola las dos fuerzas P y FP , la direccion de su resultante $P\sqrt{1+f^2}$ formaria con la normal un ángulo cuya tangente seria $\frac{fP}{P} = f$. Luego se representa con γ este ángulo y se le designa con el nombre de *ángulo del rozamiento*. Tenemos, pues, por definicion, $\text{tang. } \gamma = f$. El ángulo del rozamiento se considerará especialmente en el momento de principiar el movimiento, *á la partida*, y el ángulo del rozamiento durante el movimiento; hecho esto fácil es despues de aplicar las leyes que deben regir γ y f .

186. EXPERIENCIA DE COULOMB. — Este ilustre fisico hizo en 1781 las primeras investigaciones sobre el rozamiento. Al efecto se sirvió de la máquina que representa la figura 62. Compónese de una caja C que llenaba á discrecion de cierta cantidad de peso á fin de que pudiera deslizarse sobre dos planchas de madera colocadas paralela y horizontalmente una de otra. La cuerda ligada á la caja

pasaba por la polea *A*, bajaba verticalmente suspendiendo de este extremo el plato *B*. Una vez cargada la caja, se colocaba en dicho plato el peso suficiente para producir el movimiento, el cual,

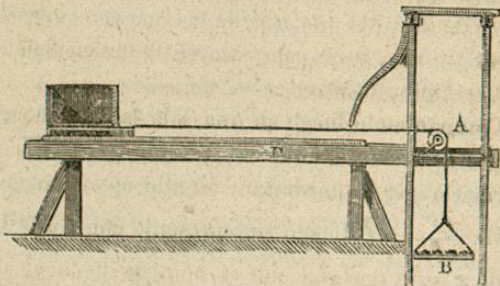


Fig. 62.

unido con el peso específico del plato, da la medida de la fuerza motora y de la del rozamiento que se oponen al principio y á la continuación del movimiento. Debe tenerse en cuenta que la carga de la caja *C* podía disminuirse ó aumentarse así como la naturaleza de las superficies del plano, cubriéndolas con metales ó cueros, ó bañándolas de aceite, agua, sebo, etc., en el diámetro y longitud de las mismas superficies en que la caja descansaba, y se movía tan luego como quedaba bajo de la acción de la fuerza motora.

He ahí, pues, como Coulomb ha podido investigar las leyes del rozamiento á la *partida* del cuerpo

y durante su movimiento; empero, así como las experiencias de Amontons, Coulomb no pudo demostrar con toda la claridad necesaria las del rozamiento durante la marcha del cuerpo, sin duda porque no empleó para hacer estas útiles experiencias los elementos de que se ha valido el célebre Mr. Morin.

Sin embargo, no puede negarse que Mr. Coulomb ha hecho un servicio eminentísimo á la ciencia enriqueciéndola con las leyes siguientes, confirmadas por las experiencias de dicho Morin y demas físicos que las han comprobado.

III. Leyes del rozamiento halladas por Mr. Coulomb.

187. 1.^a LEY. — *En ciertos cuerpos el rozamiento es mayor en el momento de la partida que durante el movimiento.* Los cuerpos duros y elásticos como el hierro, el acero, la plata, etc., pertenecen á la segunda categoría, y las maderas, cueros, etc., corresponden á la primera.

Ya hemos indicado que la carga del plato en el momento de la partida es la medida de la intensidad del rozamiento inicial. Pues bien; la velocidad inicial comunicada á la caja se conserva constantemente en ciertos cuerpos sometidos á la acción de la potencia del plato. Siendo esto así, como lo es efectivamente, debe convenirse en que el roce es invariable en dichos casos. Esta velocidad au-

mentaba, por el contrario, en otros cuerpos sometidos á la misma experiencia. Luego el rozamiento de la partida disminuía durante el movimiento.

188. 2.^a LEY. — *El rozamiento durante el movimiento es independiente de la velocidad.*

Hé aquí como Coulomb operó para verificar esta ley. Cargó el plato del peso necesario para lograr un movimiento uniforme; obtenido, lo comunicaba al sistema de una velocidad diferente, y observó cuantas veces lo practicó así, que el movimiento permanecía siempre uniforme.

La misma consecuencia se obtiene haciendo el experimento respecto del movimiento variado que resulta de una carga cualquiera puesta en el plato. Con este fin, deben medirse los espacios recorridos y los tiempos gastados en recorrerlos, en seguida construir y apreciar la curva de los espacios, según las reglas dadas en la primera parte de este MANUAL, y muy luego se evidenciará que el movimiento de la caja es uniformemente acelerado, y que el rozamiento es constante durante todo el movimiento, cualquiera que sea la velocidad inicial.

En seguida puede calcularse su valor, cosa que se consigue con la mayor facilidad.

189. 3.^a LEY. — *Los rozamientos en el momento de la partida, y durante el movimiento, son proporcionales á la presión.* (Con tal, sin embargo, que dicha presión no sea sumamente considerable.)

Para verificar la ley precedente es necesario examinar si las superficies que se rozan entre sí permanecen constantes, cualquiera que sea el peso del plato, y deducir la relación llamada el *coeficiente del rozamiento*.

190. 4.^a LEY. — *El rozamiento de partida y el rozamiento durante la marcha del cuerpo son independientes de la extensión de las superficies en contacto.*

Esta ley puede comprobarse variando la extensión de las superficies sin cambiar su naturaleza. Así, supongamos que un cuerpo se desliza por un mismo plano poniendo sucesivamente en contacto con dicho plano superficies de diversa extensión, cuya relación sea r . En el primer caso la presión será distribuida sobre una superficie r veces más grande que en el segundo; por consiguiente, cada elemento superficial suportará una presión r veces más pequeña, y su rozamiento será asimismo r veces menor; y como los elementos son r veces más numerosos, resultará en definitiva que el rozamiento será siempre el mismo.

Debe observarse que si la superficie del cuerpo tuviese asperezas tan fuertes y agudas que pudieran penetrar en la superficie en que se apoya, entonces dicha ley sería inaplicable.

191. 5.^a LEY. *El rozamiento varía conforme el grado de unión y lisura de las superficies en contacto, y de la naturaleza de las capas de aceites con que se hallen revestidas.*

Luego expondremos el cuadro que Mr. Morin ha hecho para demostrar las experiencias practicadas por él mismo con el fin de fijar las variaciones del rozamiento en el sentido que indica la ley precedente.

192. PERFECCIONAMIENTO DEL PRECEDENTE MÉTODO POR MR. MORIN. — Este ilustre físico, en 1831, estudió y comprobó las leyes anteriores, valiéndose de elementos mas adecuados y de mayor precisión que los empleados por su antecesor, puesto que perfeccionó de la manera siguiente los ya empleados por Mr. Coulomb.

Unió un ancho disco de cobre, cubierto de papel, al eje de la polea que transmitía á la caja la acción del plato. A este disco puso un pincel bañado en tinta de China que, recibiendo de una máquina semejante á la de un reloj su movimiento uniforme de rotacion en derredor de un eje paralelo al de la polea, trazaba sobre el papel una curva cuya naturaleza dependia de los movimientos. Con este auxilio, admirable por su eficacia y exactitud, Mr. Morin observó las leyes de su distinguido predecesor.

193. EXPERIENCIAS DE MR. MORIN. — La dificultad que presentaban las investigaciones relativas al rozamiento de los cuerpos, consistian, como queda expuesto, en conocer las leyes del movimiento producido por el peso colocado en el plato;

tal era lo que se deseaba vencer, y á Mr. Morin cupo la suerte de dar la última mano á este descubrimiento. Veamos como operó con la adición de su mecanismo al plano precedente.

Supongamos O el centro del disco (figura 63) é I el del pequeño círculo que describiría el pincel sobre el disco inmóvil. Supongamos tambien que el movimiento del reloj hace recorrer al pincel los arcos iguales $A B' B' C...$ en un segundo cada uno, y que $A B C...$ es la curva trazada por él en el disco en virtud del doble movimiento. En el momento

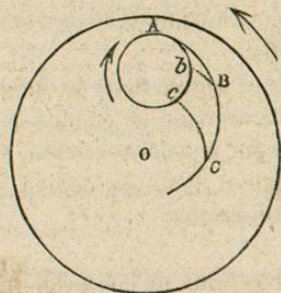


Fig. 63.

de partida el pincel se encuentra en A y en b al fin de un segundo; pero por causa del movimiento del disco, el punto B se coloca sobre su punta de manera que el disco ha vuelto del ángulo $b O B$ durante el primer segundo. Al cabo de dos segun-

dos el pincel está en c , y sin embargo marca el punto c OC durante el segundo siguiente. Así, se observa que pueden obtenerse los ángulos formados por el disco, en un segundo cada uno, describiendo desde el punto céntrico O los arcos b B , c C ..., hasta el encuentro con la curva ABC .

Ahora bien; dichos ángulos son proporcionales á los arcos descritos por un punto cualquiera de la circunferencia de la polea, y por lo tanto á los caminos recorridos por la caja. Su lectura hacia conocer, pues, los espacios andados en funcion del tiempo, y como estos espacios eran proporcionales á los cuadrados de los tiempos, Mr. Morin concluyó que el movimiento de la caja era uniformemente acelerado.

Desde luego el ángulo descrito durante el primer segundo le revelaba el camino hecho en el mismo tiempo por la caja ó carretón, y en su virtud dobló luego el camino y obtuvo por último resultado la aceleración.

194. TABLA RESUMIDA DE LOS COEFICIENTES USUALES DEL ROZAMIENTO. — Mr. Morin multiplicó sus experiencias durante tres años consecutivos con numerosos cuerpos diferentes, y valiéndose de sebo, aceite, etc., para moderar las resistencias que ofrecían sus respectivas superficies, según se observa en las *Memorias* de este ilustre físico que encontramos en los tomos cuarto y sexto *De los sabios extranjeros*. Empero, aquí nos limitamos á

consignar cierto número de los resultados que obtuvo, y que sirven para apreciar los movimientos de las máquinas.

SUPERFICIES EN CONTACTO.	COEFICIENTE DEL ROZAMIENTO	
	DURANTE EL MOVIMIENTO.	A LA SALIDA.
Madera sobre madera seca.....	0,50	0,36
— mojada con agua.....	0,68	0,25
— untada de sebo.....	0,19	0,07
— con jabon seco.....	0,36	0,14
— sobre metales ó seco.....	0,60	0,12
— mojados con agua.....	0,65	0,24
— dados con sebo á manteca....	0,12	0,07
Cuerdas de cáñamo sobre madera ó seco.	0,63	0,45
— — — — — mojadadas de agua... ..	0,87	0,33
Metal sobre metal con aceite de olivas..	0,12	0,07
— — — — — con manteca.....	0,40	0,09
— á seco.....	0,18	0,18
Correas sobre metal con manteca.....	0,28	0,18
— — — — — á seco.....	0,54	0,30
— sobre madera á seco.....	0,47	0,30

IV. Resistencia de los fluidos.

195. La resistencia que el rozamiento de los cuerpos experimenta en la superficie de la tierra, la experimentan igualmente los cuerpos en los fluidos, de suerte que cuando un cuerpo se mueve en

este elemento, experimenta una resistencia que tiende siempre á disminuir y paralizar su velocidad. Esto emana, como se desprende de cuanto dejamos dicho sobre esta cuestion, en que el cuerpo en su marcha comunica su movimiento á las moléculas del fluido que encuentra á su paso. Comparando, pues, esta resistencia á la que produce el rozamiento, se verá que son por su esencia diferentes una de otra.

Efectivamente, luego que se quiere deslizar un cuerpo sobre una superficie, se opera una resistencia antes que el cuerpo haya principiado su movimiento, y aunque esta resistencia subsiste durante el movimiento, se disminuye en seguida y no varía con la velocidad del cuerpo deslizado. Mas no sucede lo mismo en los fluidos: mientras que el cuerpo no está en movimiento, esta resistencia no se hace sentir; solo se revela y desarrolla durante el movimiento, y cambia considerablemente á medida que el movimiento se acelera.

Por cierto, no es este el momento de tratar la cuestion, porque su importancia es tal que necesita un libro especial; empero, apuntaremos sin embargo que esta resistencia es proporcional á la extension de la superficie que choca directamente con las moléculas del fluido, y al cuadrado de la velocidad con que se produce este choque. Inútil será el decir que esta resistencia es mucho menor en el aire que en el agua, pues nadie ignora que

aquel es mucho mas ligero y sutil que esta que es pesada y mas compacta sin comparacion alguna.

196. MÁQUINA PARA EXPERIMENTAR LA RESISTENCIA DE LOS FLUIDOS. — Cuando se aumenta la superficie que encuentra directamente las moléculas líquidas ó gaseosas, se aumenta en la misma proporcion la resistencia que estos la oponen, como lo demostraremos con el auxilio de la figura 64. Compónese esta máquina de dos ruedas *B* y *C* montadas en un eje particular á cada una, y sumamente movibles sobre sus respectivos ejes. Dos llares fijas entre sí se encajan en dos piñones de las mismas dimensiones que mantienen los ejes de ambas ruedas, de manera que si se bajan rápidamente las dos llares, procediendo como lo indica la figura 64, hasta que ya no encajen con los piñones, que podrán dar vueltas libremente en las sesgadas ó carcelillas *AA*, se comunica á las dos ruedas con la mayor exactitud la misma velocidad de rotacion. Cada rueda se forma de cuatro aletas. En la rueda *B*, estas están fijas al eje y vienen á encontrar el aire solamente por sus extremos. Por el contrario, en la rueda *C* las alitas son movibles y pueden colocarse del mismo modo que las de *B*, ó inclinarse mas ó menos, siguiendo la direccion del movimiento; aun pueden disponerse de manera que reciban el aire de frente mientras que giran sobre su eje. Cuando las alas

de la rueda *C* se han puesto en la misma disposicion que las de *B*, y que se las hacen dar vueltas

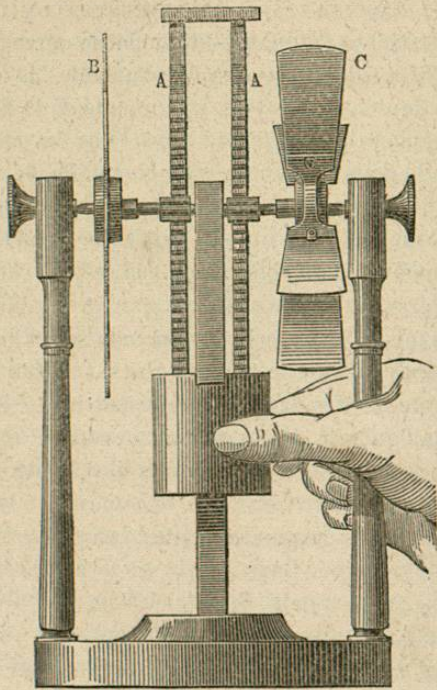


Fig. 64.

con las llaves, se moverán durante largo tiempo y pararán casi á la vez. Mas si las alas de la rueda *C*

se colocan diversamente, ó segun representa la figura, entonces el movimiento de esta rueda disminuye y cesa mucho antes que el de la otra, disminucion que se nota tanto mas cuanto las alas se hallen mas de frente á la corriente del aire.