The background of the image is a traditional marbled paper pattern. It features a complex, organic design with swirling, cell-like shapes in shades of yellow, ochre, and reddish-brown, set against a dark, muted blue-grey background. The pattern is dense and covers the entire surface.

2
1-738

25 in 1-H.

16683365

8=9 7=6 4=7

BIBLIOTECA HOS- AL REAL	
GRANADA	
Siglo:	A
Folio:	40
Numero:	473

BIBLIOTECA HOS- AL REAL	
GRANADA	
Siglo:	B
Folio:	41
Numero:	131

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

R. 14. 819

LECCIONES

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL,

ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÉS

POR EL ABATE NOLLET,
de la Academia Real de las Ciencias de Paris,
de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de
Bolonia, y Maestro de Physica del Sere-
nissimo Señor Delfin:

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL

POR EL P. ANTONIO ZACAGNINI,
de la Compañia de Jesus, Maestro de Phy-
sica Experimental en el Real Seminario
de Nobles de Madrid:

DEDICADAS

AL REY NUESTRO SEÑOR
D. FERNANDO VI.
(QUE DIOS GUARDE.)
TOMO SEGUNDO.

EN MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de las Urosas. Año de 1757.



~~25 m 1-11.~~ i16683365

$8=9$ $z=9$ $w=7$

BIBLIOTECA HOSPITAL REAL GRANADA	
Sala:	A
Estante:	40
INDICIO:	473

Biblioteca Universitaria GRANADA	
Sala:	B
Estante:	41
Tabla:	
Número:	131

R. 14. 819

LECCIONES

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL,

ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÉS

POR EL ABATE NOLLET,
de la Academia Real de las Ciencias de Paris,
de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de
Bolonia, y Maestro de Physica del Sere-
nissimo Señor Delfin:

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL

POR EL P. ANTONIO ZACAGNINI,
de la Compañia de Jesus, Maestro de Phy-
sica Experimental en el Real Seminario
de Nobles de Madrid:

DEDICADAS

AL REY NUESTRO SEÑOR

D. FERNANDO VI.

(QUE DIOS GUARDE.)

TOMO SEGUNDO.

EN MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, calle de
las Urosas. Año de 1757.



R. 14. 819

LECCIONES

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL

ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÉS

POR EL ABATE NOLET
de la Academia Real de las Ciencias de Paris,
de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de
Bolonia, y Maestro de Physica del Ser-

enimo Señor D. Juan

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL

POR EL P. ANTONIO ZACARIAS
de la Compañia de Jesus, Maestro de Phy-
sica Experimental en el Real Seminario
de Nobles de Madrid;

DEDICADAS

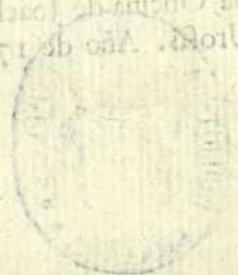
AL REYNUESTRO SEÑOR

D. FERNANDO VI.

(QUE DIOS GUARDE)

TOMO SEGUNDO

EN MADRID. En la Oficina de Joseph Ibañez, calle de
las Uñas. Año de 1787.



NOTA.

Las Aprobaciones, y Licencias, como tambien la Tassa del Real, y Supremo Consejo de Castilla, se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

Los derechos de esta Obra, se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

El presente Tomo de esta Obra, se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

Compañía de los Señores de la Obra.

Se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

SECCION PRIMERA

DEL GOBIERNO DE LA OBRA

Los derechos de esta Obra, se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

DE

FBE

FEE DE ERRATAS.

PAG. 14. lin. 7. *via victa*, lee *via recta*. Pag. 68:
 lin. 21. *periodo*, lee *periodico*. Pag. 69. lin. 24.
obligar, lee *obligaria*. Pag. 85. lin. 22. *direccion*, lee
direccion. Pag. 102. lin. 2. *conoza*, lee *conozca*. P. 158.
 lin. 28. *diametto*, lee *diametro*. Pag. 183. lin. 12. y 13.
cuerpecitos solidas, muy duras, lee *ò cuerpecitos soli-*
dos muy duros. Pag. 194. lin. 3. *bordos*, lee *bordes*.
 Pag. 222. lin. 10. *cateribus*, lee *ceteris*. Pag. 250.
 lin. 14. *vacio*, lee *vaso*.

El segundo Tomo de las *Lecciones de Physica Ex-*
periment al de el Reverendissimo Padre Antonio Za-
 cagnini, de la Compañia de Jesus, y Maestro de
 Physica Experimental en el Real Seminario de esta
 Corte, sacadas estas erratas, corresponde con su ori-
 ginal, y así lo certifico. En Madrid, y Septiembre
 treinta de mil setecientos cinquenta y siete.

Doct. D. Manuel Gonzalez Ollero,
 Corrector General por S. M.



LECCIONES

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL.

LECCION V.

SOBRE EL MOVIMIENTO

*compuesto, y sobre las Fuerzas
Centrales.*

SECCION PRIMERA.

DEL MOVIMIENTO COMPUESTO.



Llamase *Movimiento compuesto* el de un cuerpo determinado à moverse por varias causas, ò potencias, que se exercitan siguiendo diversas direcciones. Tal es, v. g. el de un barco, que sigue la direccion del canal

2. *Lecciones de Physica Experimental.*

A, B, obedeciendo al mismo tiempo à las dos potencias C, D, (*fig. 1.*)

Como el movimiento simple tiene sus leyes, tambien las tiene el movimiento compuesto. Todas se pueden referir à la sola, que se expone en la Proposicion siguiente, pues las otras no son mas que consecuencias sacadas de esta primera.

LEY DEL MOVIMIENTO
compuesto.

Quando varias potencias, que siguen diversas direcciones, al mismo tiempo ponen en movimiento à un cuerpo, éste, ò se queda en equilibrio, ò toma un movimiento, segun la proporcion de la velocidad de las potencias entre si: y su direccion es media entre las direcciones de las potencias à que obedece.

Porque quando dos potencias se exercitan al mismo tiempo sobre un móvil, ò se oponen entre si directamente, como A, E, (*fig. 2.*) ò sus direcciones juntas forman un angulo, como B M, y F M, C M, y G M, &c: pues si llegasen à reunirse, como en N, v. g. es evidente, que concurririan à la misma direccion, y resultaria de ellas un movimiento simple, cuya velocidad seria el producto de las dos fuerzas: de fuerte, que si una de ellas pudiera llevar, ò impeler al cuerpo M hasta el punto N, las dos jun-

ras, suponiendose iguales, lo harian ir hasta el punto K.

Si las dos potencias se oponen en la misma linea, el móvil, en quien se exercitan, se quedará en equilibrio, si son iguales; porque es imposible que al mismo tiempo vaya à la derecha, y à la izquierda. Por què irà mas bien ácia un lado, que ácia otro, si experimenta por una parte tanta resistencia, quanta impulsión conoce por la otra.

Pero si las potencias son desiguales, obedecerà à la mas fuerte, segun su diferencia: esto es, que si la proporcion de E à *a* es como de 3 à 2, el cuerpo M obedecerà à la primera, como si valiesse 1, que es la diferencia de 3 à 2. Con que oponiendose directamente las potencias, resultará de ellas, ò la quietud, ò el movimiento simple, pero retardado.

Quando las potencias se dirigen de modo, que formen un angulo, ò que sus direcciones se crucen en el móvil, como B *b*, F *f*, entonces el movimiento es compuesto en velocidad, y en direccion; y una, y otra se miden por la diagonal del paralelogrammo, cuyos lados expresan las potencias. Expliquemos esto, considerando separadamente las dos en la *fig.* 3, y el móvil M de la *fig.* 2.

Supongamos, pues, que dos fuerzas C, G, que se hacen iguales, expresándolas por dos lineas del mismo tamaño, tiren al mismo tiem-

4 *Lecciones de Phisica Experimental.*

po del cuerpo *M*: dividase cada linea en seis partes iguales, señalandolas con numeros, y letras. Supongamos tambien, que *CM* es una regla, sobre la qual se hace el movimiento de arriba abaxo, mientras que la misma regla se mueve paralelamente à si misma sobre la linea *MG*. Lo cierto es, que al llegar la regla mobible al numero primero de la linea *MG*, havrà yà baxado otro tanto el cuerpo *M*, y no se hallará ni en el punto primero, ni en el punto *a*, sino en *b*. Del mismo modo, mientras que la regla llega al numero segundo, baxa el cuerpo *M* otro tanto, y se halla en el punto *k*. Y continuando siempre de la misma suerte, mientras la regla se mueve sobre la linea *MG*, passará el móvil *M* successivamente por todos los puntos de la linea *Mn*, diagonal del paralelogrammo *MGC*, cuyos lados *GM*, *CM*, denotan la proporcion de las potencias.

Lo largo de esta diagonal indica la velocidad de movimiento compuesto, la qual (como se vé) nunca es tan grande como la suma de las dos velocidades, que la producen; porque *Mn* no es igual à *MG*, y *MC* juntas. Y si estas dos fuerzas concurrieran à impeler el móvil en una misma direccion, lo harian andar mas de lo que anda, quando tiran à moverlo ácia dos puntos diferentes. Pero obedeciendo de este modo à una, y otra al mismo tiempo, llegará mas presto al termino de las dos tendencias.

Mien-

Mientras fuere menos agudo el angulo formado por las direcciones de las potencias, serà tambien menor la diagonal; porque si estas potencias se exercitasen segun las lineas HM , DM ; la diagonal serìa MI , mayor que las diagonales LM , OM , si las acciones de las potencias se denotassen por las lineas GM , CM , ò bien por BM , FM .

De quantas posiciones pueden tomar entre si dos fuerzas, que se exercitan sobre el mismo móbil, una sola puede dexar sus acciones en recíproca indiferencia; conviene à saber, quando sus direcciones forman entre si un angulo recto, como CM , GM , (*fig. 3.*) Porque la que se exercita horizontalmente tira à llevar el móbil hasta la extremidad G ; y le es indiferente, que sea G , ò n , ò qualquier otro punto tomado en esta linea. Del mismo modo la que obra verticalmente, exige que el móbil llegue à una distancia igual à MC , y esta distancia de arriba abaxo se halla en la linea Cn . De suerte, que quando una, y otra fuerza se exercita al mismo tiempo, cada una obra, como si estuviesse libre por todas partes; pues ni se ayudan, ni se impiden mutuamente.

Pero no sucede asì, quando el angulo formado por las dos potencias es agudo, ò obtuso. Si es obtuso, en parte se destruyen; y si agudo, la una sirve à la otra. Si las dos fuerzas y , g . forman el angulo RPQ , (*fig. 5.*) el móbil vendrà

6 *Lecciones de Phisica Experimental.*

drà à S, y la potencia P R disminuye de la cantidad T Q, ò S t; y al contrario, si las potencias se dirigen de modo, que formen entre sí un angulo semejante à V X Y, (*fig. 6.*) el móvil vendrà à u; y la potencia V X aumenta de una cantidad igual à Z u, ò Y y.

La diagonal, de que hablamos, dà tambien la direccion del movimiento compuesto; apliquemos à qualquier otro paralelogrammo el modo de discurrir, de que nos hemos servido, suponiendo las potencias iguales entre sí, como en un quadrado perfecto: y se verá, que solo siendo iguales las potencias, quedará la diagonal igualmente distante de una, y otra: pero siendo las fuerzas desiguales, la diagonal se inclina mas à la mayor fuerza, como se puede ver en la *fig. 4.*

Si se de estos principios, que conociendo el angulo de direccion de las potencias, y el grado de sus fuerzas, se conoce tambien el efecto, que ha de producirse en el móvil; esto es, su grado de velocidad, y el camino que debe seguir. Pues en las *fig. 3. 4. 5. y 6.* se ve, que exprimiendo el valor de las potencias por dos líneas unidas por una extremidad, y formando un paralelogrammo sobre estos dos lados primeros, la diagonal indicará lo que se busca.

Si se lo segundo, que conociendo el efecto comun de dos potencias sobre un mismo

mó-

móbil, y el estado de una de ellas, quiero decir, su direccion, y su grado de fuerza, se puede tambien hacer juicio del valor, y posicion de la otra. Si yo sè v. g. que un móbil ha ido de P à S, (*fig. 5.*) por la accion de dos fuerzas, una de las quales se exprime por P R, tiro la linea S Q paralela, è igual à P R; y acabando el paralelogrammo, vèò que P Q es la otra potencia, menor que la primera, con la qual forma el angulo de direccion R P Q.

Juntemos las pruebas de experiencias con las explicaciones, y razones, que acabamos de proponer; y para proceder con buen orden, consideraremos primeramente los efectos de las dos potencias directamente opuestas, y despues verèmos el modo, con que se compone el movimiento producido por dos fuerzas, cuyas direcciones se cruzan en el centro del móbil.

Tambien supondrèmos constante la proporcion de las fuerzas entre si: esto es, que mientras se exercitan sobre el móbil, no se mude alguna de ellas de modo, que difiera mas, ò menos de la otra; de forma, que si iban iguales al principio, persevere hasta el fin dicha igualdad: lo qual puede componerse muy bien, supuestas las diminuciones que nacen de la resistencia de los intermedios, y de los frotamientos, con tal, que estas mudanzas sean iguales en una, y otra parte.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

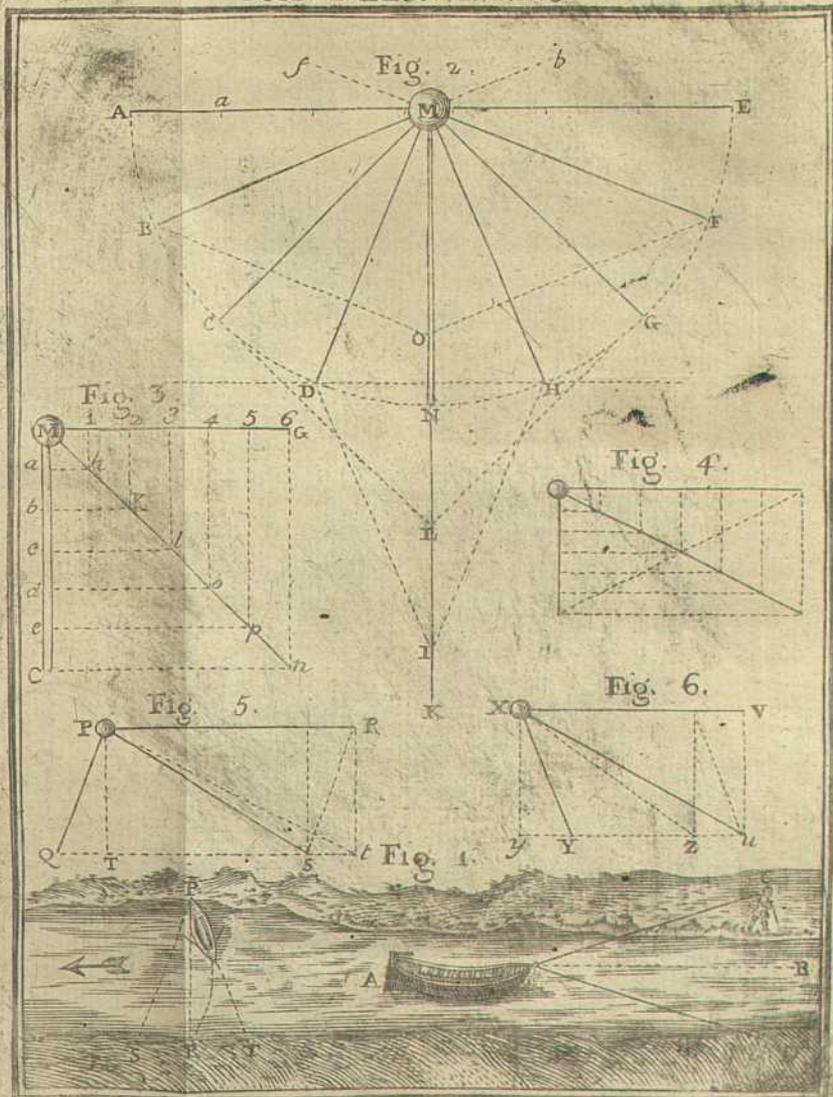
LA *fig. 7.* representa una mesita redonda, ò una especie de velador, en cuya circunferencia estàn fixas dos garruchas, como A, B: sobre ellas passan dos cuerdas C A E, C B D, las quales por una punta estàn atadas al móvil C, y de la otra cuelgan las dos pesas de plomo E, D.

EFECTOS.

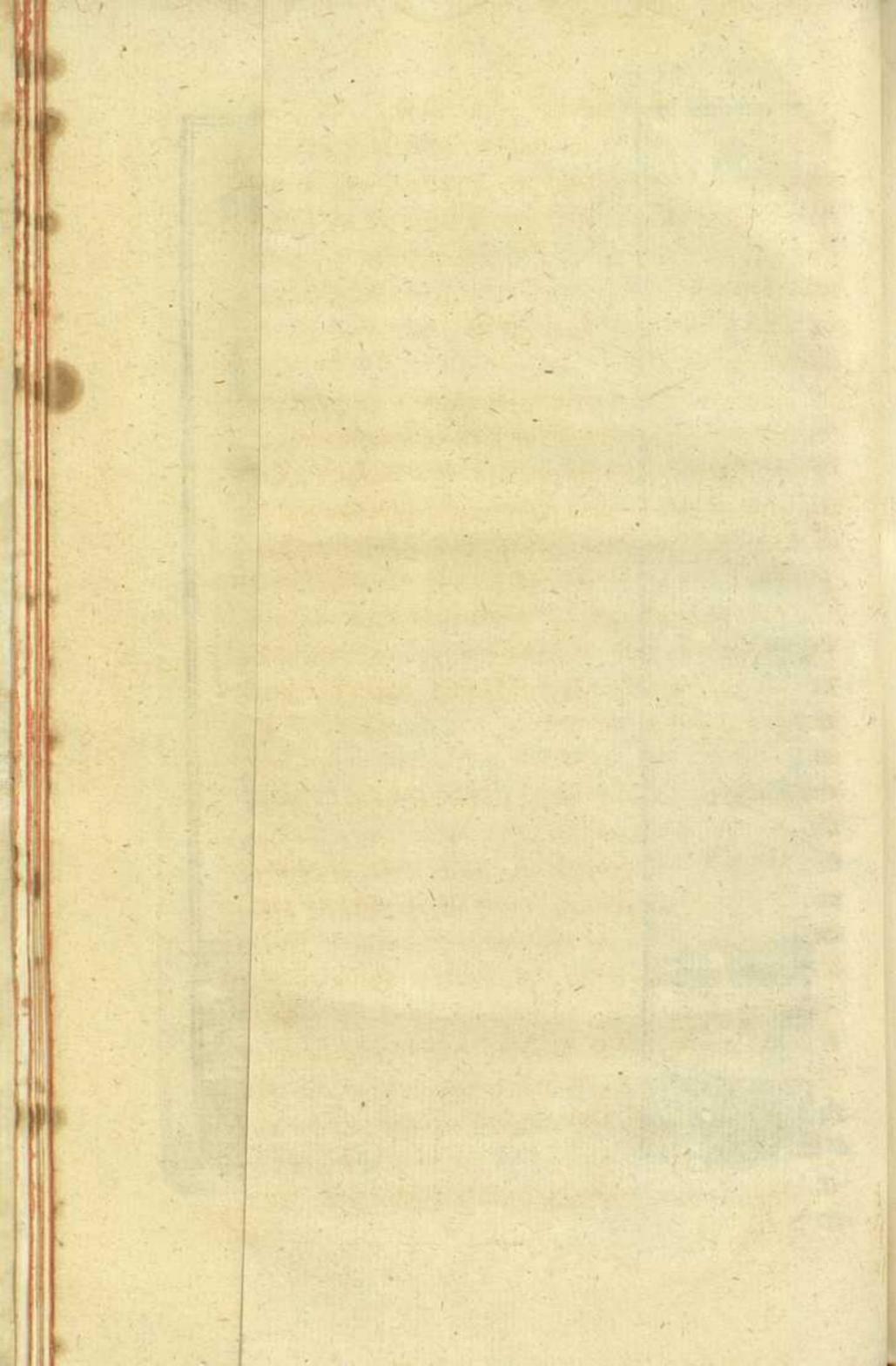
Si las pesas son iguales, siempre estará en equilibrio el cuerpo C, en qualquier punto en que se halle de la linea A B; si la pesa E es de dos onzas, y la pesa D de una sola, el cuerpo C se transporta ácia A, como si E pesasse una onza, y no hallasse resistencia alguna en D; lo qual se reconoce, recibiendo la pesa E en una cubeta llena de barro, en el qual se hace un hueco, que se puede medir, y comparar.

EXPLICACIONES.

Llamase *equilibrio* en general el estado de un cuerpo, à quien dos fuerzas iguales tiran à mover con direcciones opuestas: esta doble tenden-



Coen. f.



dencia no puede tener efecto , por ser iguales las fuerzas , que lo producen. Por lo qual , mientras la igualdad durare , no se moverà el móvil. Por esta razon misma , siendo iguales las pesas , se està quieto el cuerpo C de nuestra Experiencia en qualquier punto de la linea , que une las dos potencias.

Pero si llega à aumentar alguna de ellas , al punto falta el equilibrio , y el móvil obedece à la mas fuerte ; aunque nunca le obedece , sino segun el exceso sobre el mas débil : porque la resistencia de éste no queda aniquilada del todo ; siempre subsiste ; y su efecto es la destruccion de una fuerza contraria , è igual à la suya ; y asì , quando la pesa E se lleva consigo al móvil C , solo logra su efecto , segun la cantidad del exceso sobre la otra.

APLICACIONES.

Todos los cuerpos comprimidos , ù contenidos entre una potencia , y un punto de apoyo , pueden servir de exemplos , en que se represente , lo que acabamos de probar en la Experiencia passada. Pues yà sabemos por la tercera Ley del movimiento simple , que la reaccion es igual à la accion , ù à la compresion. Y asì , quando un Carpintero asierra un pedazo de madera entre el banco , y el barrilete , lo pone entre dos potencias iguales : lo mismo ha de decir-

se de un pedazo de hierro entre los dientes del tornillo de un Cerrajero : de un barco amarrado à una estaca para resistir à la violencia de la corriente.

Dos pesos iguales estàn en equilibrio , y por consiguiente se estàn quietos en las extremidades de una cuerda , que abraza una garrucha, mientras la cuerda sea igual por uno , y otro lado : porque entonces, tanto tira del uno su antagonista , para hacerlo subir , quanto su misma massa para hacerlo baxar. Pero si la cuerda llega à ser mas larga por un lado que por otro , falta el equilibrio : porque el peso de la cantidad excedente es una nueva potencia , que ayuda à baxar à la massa menos elevada. En esto se ha de poner mucho cuidado , quando se construyen varias maquinas , como para subir el agua , sacar piedra , minas , &c. de soterraneos muy profundos : ò para levantar fardos à una altura considerable ; si se olvida entrar en cuenta el peso de las cuerdas , serà muy facil errar el proyecto : porque estas cuerdas ordinariamente son muy pesadas , y en llegando à desliarse del todo , añaden mucho à la resistencia que se intenta vencer: esto se conoce sensiblemente, quando se saca un cubo de agua de un pozo muy hondo ; pues se necessita emplear mas fuerzas al principio , que quando està cerca del brocal.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA maquina de la *fig.* 8. es un plano vertical de un pie cuadrado, elevado sobre una base. En H hay un punto fijo, à que està atada una cuerda, que passa por una garrucha G, y del otro cabo cuelga un plomo F. La garrucha G puede moverse sobre dos hilos de laton atados paralelamente de H à I: y se tira de ella con un hilo, que passa por otra garrucha fija en el punto I.

EFFECTOS.

Luego que se tira de la garrucha, dirigiendola de G à I, la pesita sube por la diagonal FI.

EXPLICACIONES.

El cuerpo F recibe el movimiento de dos potencias, una de las quales tira à levantarlo à una altura igual à FG; y la otra à que ande un espacio igual à GI. Porque el punto fijo H, en que està atado el cabo del hilo, y que ocasiona la elevacion del móvil F, ha de mirarse como una potencia igual à la que tira de la garrucha



mobile ácia el punto I. Si estas dos fuerzas produxeran sus efectos separadamente, el plomo describiria sucesivamente las dos lineas FG, y GI; pero por exercitarse al mismo tiempo, y ser tambien iguales entre sí, el móvil conforme va subiendo, se acerca otro tanto al punto I, y de esta suerte describe la diagonal FI.

Esta Experiencia pone bien à la vista lo que queda dicho como suposicion en la *fig.* 3. Porque el hilo FG, de donde cuelga el plomo, representa la regla mobile, que puede suponerse dividida en seis partes iguales, y que disminuye de longitud conforme se va acercando à cada una de sus paralelas descritas en el plano; lo mismo es, que el cuerpo F suba acercandose siempre sobre el hilo, ò que el mismo hilo se vaya acortando poco à poco: de modo, que si disminuye de una parte, al llegar à la primera paralela, el plomo estará en *a*; si disminuye aún de otra, acercandose à la segunda paralela, el cuerpo vendrà à parar à *b*; lo qual se irá continuando, hasta que finalmente describa el móvil toda la linea FI.

APLICACIONES.

La mecanica, que se emplea en los vuelos de las operas, y otros espectaculos, es muy semejante, à la que nos ha servido para explicar
nues-

nuestra Experiencia: solo se tiene gran cuidado en proporcionar las piezas à los esfuerzos, que han de sufrir; y para ocultar las cuerdas, quanto es possible, à la vista de los circunstantes, se hacen con hilos de laton muy delgados, y en gran numero, para conciliar la fuerza, y la flexibilidad al mismo tiempo.

El Barquero aprende con el uso, que en un rio no ha de dirigir su embarcacion por la linea mas corta para llegar al punto mas cercano de la rivera opuesta; sabe muy bien, que si partiese de P, para llegar à R, (*fig. 1.*) arrivaria à otro punto mas abaxo, como S; y así se dirige ácia T, y la fuerza de la corriente lo lleva poco à poco, haciendolo describir una linea curva.

La razon de este efecto se muestra por sí misma, si se advierte, que la embarcacion impedida à seguir una direccion distinta de la corriente, compone su movimiento de dos fuerzas, cuya accion experimenta; así se vè, que aumentando una de ellas, es preciso, que la otra crezca à proporcion, si quiere conservarse el mismo efecto. Si la corriente es mas rápida, quando hay avenida, es necessario mayor trabajo para llegar al mismo termino; ò si no, es preciso dirigir la embarcacion mas arriba; y este ultimo partido vemos tomar à los Barqueros, que están empleados en el passo del público.

Los peces nos ponen à la vista un ejemplo

plo del movimiento compuesto, digno de notarse: quando quieren volverse à un lado, ò à otro, hieren el agua con la cola; el fluido, no cediendo inmediatamente que lo hieren, sirve de apoyo en que estriva el cuerpo del pez para volverse à la derecha, ù à la izquierda. Pero quando quiere ir *via victa*, el movimiento va precedido del juego de la cola à uno, y otro lado en sentidos contrarios: entonces recibe el cuerpo un movimiento compuesto de estos dos impulsos; ni va à la derecha, ni à la izquierda, sino sigue una direccion media entre una, y otra.

Este modo de caminar *via recta*, por medio de movimientos obliquos, y opuestos entre si, puede tambien observarse en la mayor parte de los reptiles, como las serpientes, culebras, vivoras, &c. La costumbre que tienen estos animales de servirse de estos dos movimientos, les facilita, no solo la huida de los que los persiguen, sino que tambien logran enganarlos con mil rodèos, y vueltas industriosas.

Las aves, y la mayor parte de los insectos alados, componen tambien sus vuelos, quando quieren mudar de direccion, batiendo un ala con mas fuerza, ò con mas frecuencia que la otra; facilmente se puede hacer la observacion en una mariposa, quando vuela: la irregularidad de sus movimientos es un

efec-

efecto, y una prueba muy clara de la desigualdad de la accion de sus alas.

El arte imita, en algun modo, este mecanifimo natural, con que los animales componen sus movimientos. Cada dia vemos arriivar por el Sequana diferentes barcas cargadas de heno, y otras especies; no hay en ellas mas motores, que la corriente del rio, y un remo pequenito, y algo ancho, movido por un hombre continuamente de la derecha à la izquierda, y de la izquierda à la derecha, poco mas, ò menos, como la cola de un lucio, que sigue su camino.

Pero el aparejo, y maniobra admirable de una galera es la imitacion mas perfecta, y mas curiosa de estos movimientos compuestos. En ella se vè el buen orden, y la costumbre servirse con una destreza inexplicable de varios ordenes de remos para variar las velocidades, y las direcciones del baxèl, conforme se juzga conveniente.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A B C D, (*fig.* 9.) es una mesita de trucos, en una de cuyas frentes se eleva un bastidor, en que estàn dos alas E F, que se mueven circularmente; de cada una de estas alas cuelga

un

un martillo de marfil, que se mueve tambien libremente al rededor del punto G. Estos se dirigen del modo que se quiere, volviendo mas, ò menos las alas en que estàn, y se arreglan sus velocidades en la proporcion que se desea, dexandolos caer por arcos mas, ò menos grandes (pero siempre al mismo tiempo) sobre una bola de marfil, que se pone en el punto H.

E F E C T O S.

Si las velocidades de los martillos son iguales, como tambien la inclinacion de las alas ácia la línea HI, la bola sigue esta direccion despues del choque. Si los golpes son desiguales, ò las direcciones no guardan la misma inclinacion, entonces la bola describe una línea mas, ò menos distante de HI, como v. gr. HB, ò HK, segun la proporcion de las fuerzas, que la determinaron à moverse.

E X P L I C A C I O N E S.

Esta Experiencia se explica como la precedente: si solo se moviera uno de los martillos, hiciera, que la bola siguiesse su direccion; y entonces iría ácia M, ò ácia N. Pero quando uno, y otro caen al mismo tiempo; (siendo imposible que un mismo móbil vaya en el mismo instante ácia dos puntos opuestos) la bola herida de

de esta suerte, toma un movimiento, que participa de las dos velocidades, y de las dos direcciones. Lo que se ve de mas en esta Experiencia, es, que, una vez que se impriman dos fuerzas, y que sus causas dexen de obrar en adelante, el efecto es el mismo, y el movimiento sigue compuesto, como si fueren continuas las acciones de dichas fuerzas: pues se havrà notado, que el efecto que resulta en la bola, en fuerza del golpe de los martillos, es en todo semejante al que resulta en el peso de plomo tirado, por dos hilos al mismo tiempo, como se viò en la segunda Experiencia.

APLICACIONES.

Nada de quanto se arroja, yà por el postigo de un coche, que và andando, yà al rio desde un barco llevado de la corriente, yà à un lado, corriendo à cavallo; nada de esto, digo, llega jamàs al sitio à que se dirigia el tiro, si solo se mira al impulso del brazo. Porque fuera de éste, ha de entrar tambien en cuenta el movimiento del carruage, del barco, ù del cavallo, comun al móbil, y à la mano. Por esto al saltar de un coche, ò de un barco, que andan, se debe esperar caer mas abaxo del sitio que està enfrente al arrojarse. Pero no ha de creerse, que los accidentes, que acaecen en tales casos, vengan, de que, siendo el movimiento

compuesto mas obliquo, no basta para impe-
 ler al cuerpo de modo, que pueda llegar à tierra,
 y evitar la rueda; pues por la *fig. 3* se puede
 ver, que si la linea *MC* representa el cuerpo
 del coche, tan lexos queda la extremidad *n* de
 la diagonal, como el punto *G*; pero el mal viene
 de que no se toma toda la velocidad que se cree
 tomar; por no ser fixo el plano, ò punto de
 apòyo, cuyo movimiento ocasiona muchas ve-
 ces una caida no esperada.

Un hueso de fruta apretado obliquamente
 entre los dedos, al escaparse, nos ofrece tam-
 bien un exemplo muy familiar del movimiento
 compuesto de dos impulsos, cuyos efectos
 subisten, y conservan sus proporciones, aun-
 que dexen de obrar sus causas. Este efecto trahe
 à la memoria otro menos conocido, pero que
 no lo ignoran los jugadores de trucos. Si à una
 bola se le dà un golpe con el filo de la mano,
 tocandola por un plano distinto del de su equa-
 dor, que està perpendicular al paño, en que
 està puesta; la bola se escapa desde luego àcia
 delante, como el hueso de fruta oprimido obli-
 quamente por los lados; pero lo que parece
 singular, es, que la bola despues de haver ro-
 dado como ocho, ù diez pulgadas, retrocede
 àcia el sitio de donde partiò.

Este efecto se explica facilmente, si se repa-
 ra, que al herir la bola del modo dicho, se le
 imprimen dos fuertes de movimientos, uno en

línea recta , el qual sigue la bola desde luego , y otro de rotacion sobre su exe , y en un sentido contrario al movimiento directo ; como sucede à una garrucha colgada de un clavo , si se le dà un golpe obliquamente en el borde. Este ultimo movimiento no se percibe , mientras que la bola no toca en el paño , ò resbala sobre èl con demasiada velocidad ; pero luego que el movimiento directo llega à apagarse por los frotamientos , y que la bola descansa sobre el paño , el movimiento de rotacion , que se hace en sentido contrario , lleva la bola àcia el sitio de donde salió ; porque es imposible , que una bola ruede sobre un plano , sin mudar de sitio , si ella toca el tal plano por el equador de su rotacion ; si no es que se supongan sin frotamiento las superficies , lo qual no se encuentra en el estado natural.

Haſta aqui hemos considerado el movimiento compuesto de varias fuerzas , que guardan entre si una proporcion constante ; ahora vámos à examinar el modo con que se compone el movimiento , quando varian estas proporciones. Como v. g. quando de dos potencias , que se exercitan al mismo tiempo , la una llega à ser mas , ò menos fuerte que la otra . ; ò bien (y viene à ser lo mismo) si haviendo recibido un móvil dos impulsos , que componen su movimiento , sobrevienen otras causas extrañas , ò accidentales , que aumentan , ò disminuyen

uno de los impulsos dichos: como v. g. si el hilo FH , (*fig. 8.*) de la segunda Experiencia, en vez de acortarse siempre de una parte, conforme va llegando à cada una de las paralelas, disminuyera primero de una, despues de una y media, &c, ù al contrario.

Por las pruebas, y exemplos ya citados, se havrà notado, que el movimiento compuesto se hace en linea recta, siempre que el móvil obedece à dos potencias, que se mantienen con la misma proporcion entre si: ya porque no padecen alguna mudanza, ya porque las mudanzas son iguales, ò proporcionadas de una, y otra parte; porque los efectos de cada instante Mh , hk , kl , &c, (*fig. 3. y 4.*) se hallan en la misma direccion, y la suma de ellos produce la diagonal Mn . Pero no sucede asì, si varia la proporcion de las potencias: entonces el producto de cada tiempo infinitamente corto, es una linea recta, que el móvil describe siempre, segun la regla arriba establecida; pero cada una de estas lineas tiene su direccion particular, segun el estado actual de las potencias, como se puede ver por la *fig. 10.* Porque si al móvil M lo impele horizontalmente una fuerza, cuya accion sea igual en todos los instantes, y al mismo tiempo obedezca dicho móvil à un impulso de arriba àcia abaxo, el qual aumente mas, y mas, como los espacios Ma , ab , bc , &c; durante el primer tiempo, llegará el móvil M

Fig. 7.

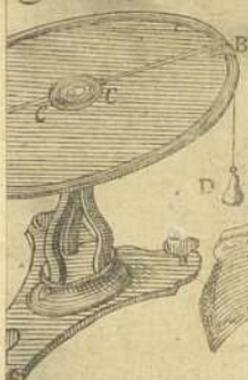


Fig. 8.

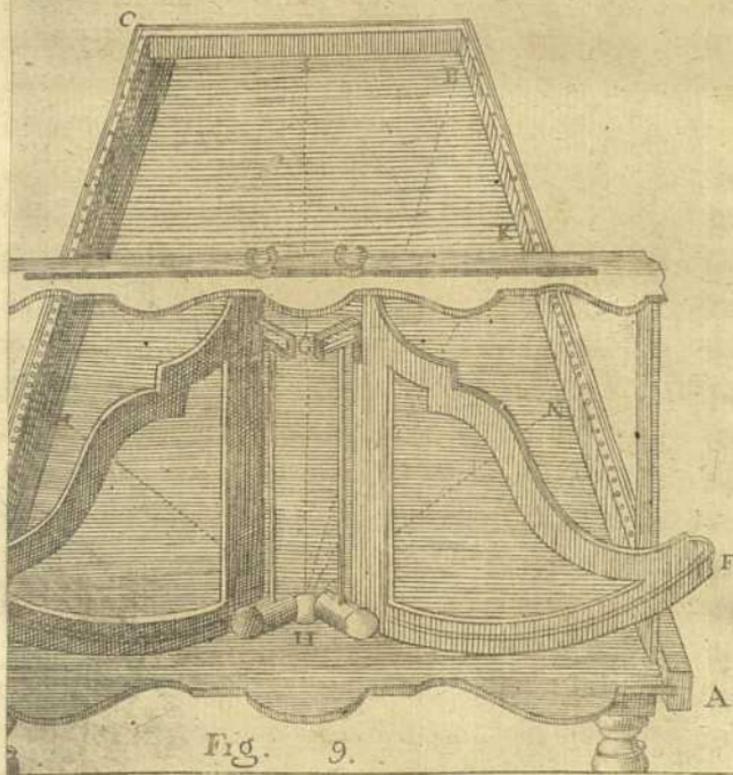
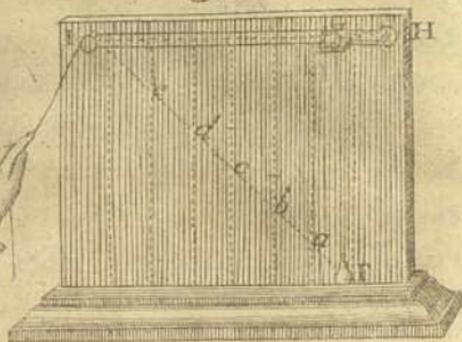


Fig. 9.

Goussier

Fig. 7.

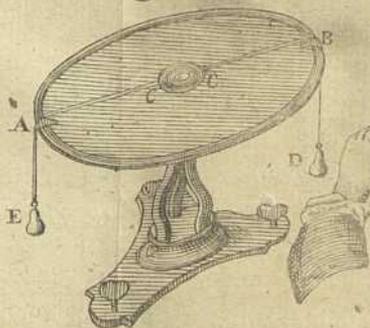


Fig. 8.

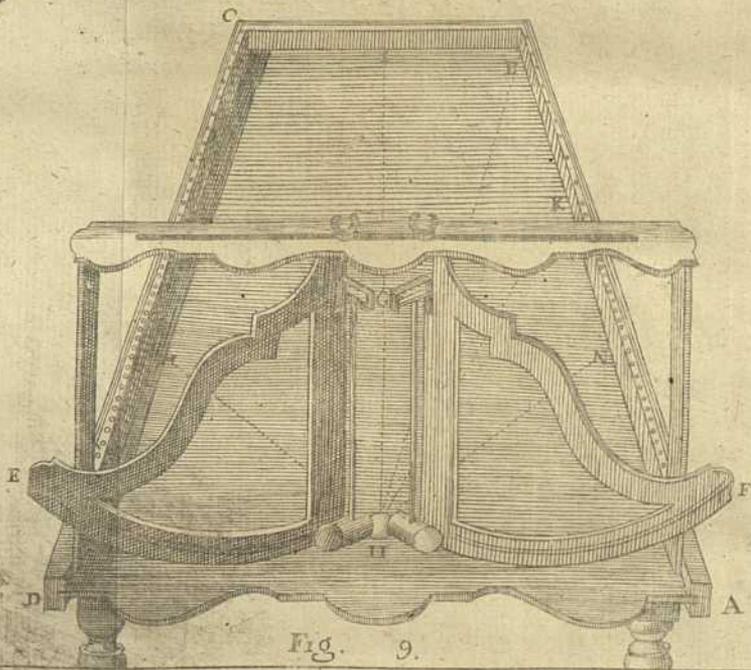
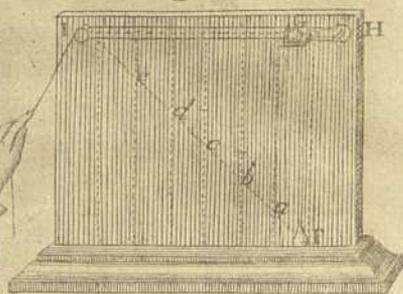
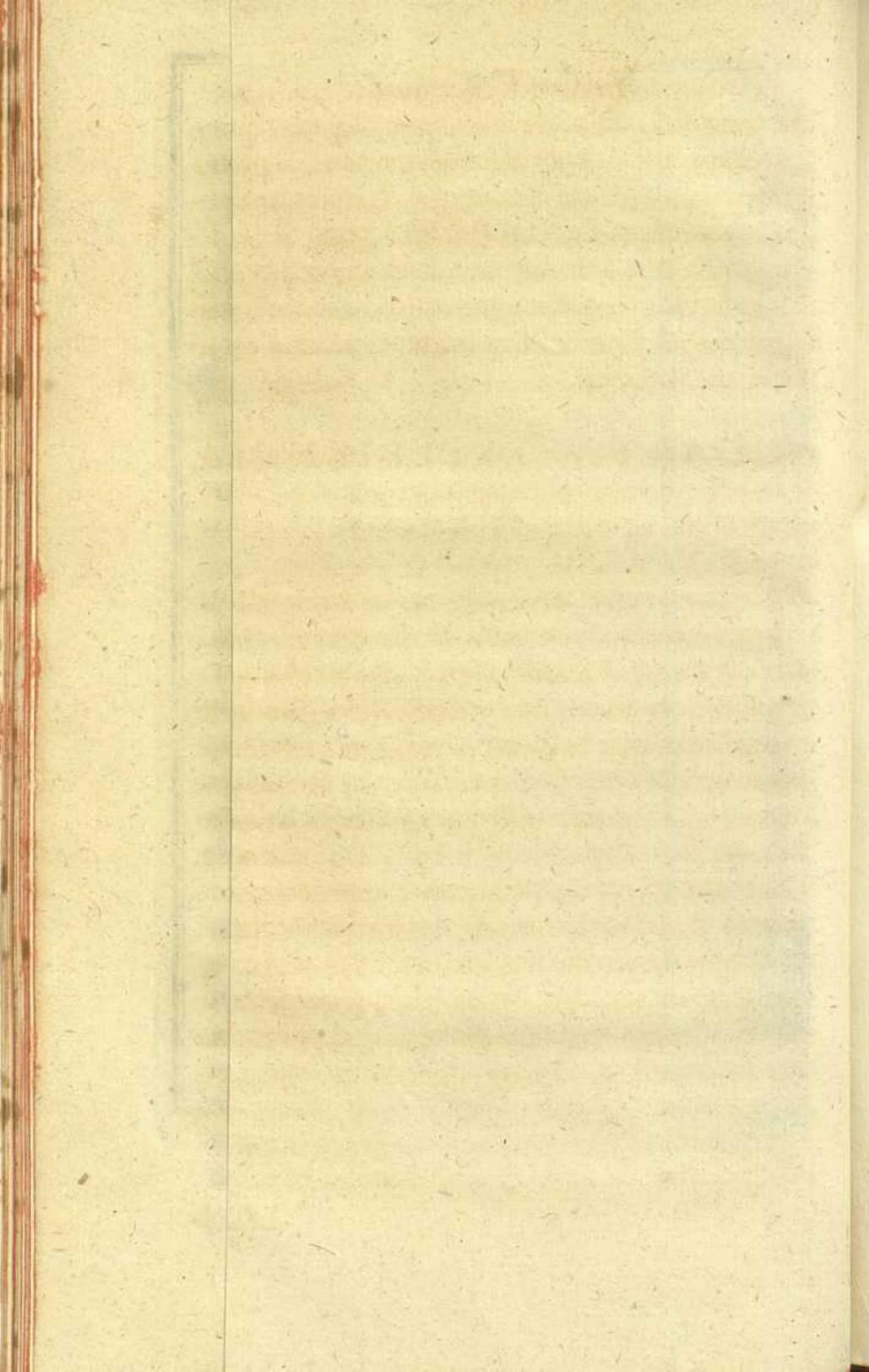


Fig. 9.

Gom. 7^o



à uno ; al fin del segundo tiempo, llegará al punto segundo ; despues al fin del tercero , al punto tercero , &c. Cada una de estas lineas es una pequeña diagonal , como se ve ; pero del conjunto de ellas se forma una linea curva , la qual varia en la proporcion misma , en que varian las potencias. Con dos Experiencias quedará sensible esta theorica.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA maquina de la *fig. 11.* se compone de dos planos elevados verticalmente ; el uno de ellos , que sale mas afuera , está recortado de modo , que forma una porcion de circulo en la parte superior ; en el corte queda una especie de gotera A B entre el dicho plano , y el otro que queda mas adentro. Este ultimo está dividido en tres partes iguales , desde B hasta D ; y desde B hasta C en otras tres desiguales , que aumentan como 1 , 3 , 5. En los angulos formados por las lineas de division se fixan unos anillos perpendicularmente al plano : toda la maquina descansa sobre una base , que se pone à nivel por medio de tres tornillos.

E F E C T O S.

Por la gotera A B se dexa caer una bolita de metal; la qual al caer describe la linea curva B E F, passando por los anillos.

E X P L I C A C I O N E S.

Al Quando la bola viene del punto A à tocar en el punto B, por el arco de circulo, que describe, ha adquirido una cierta velocidad, con la qual se huye por la direccion B D: y seguiria en esta direccion, segun la primera ley del movimiento simple, si no encontrasse algun impedimento. Pero la dicha bolita es pesada, y su peso mismo, como presto veremos, es una fuerza, que se dirige de arriba abaxo, y que imprime al móbil una velocidad acelerada; por esto, quando la bola ha llegado al punto B, y yà no descansa en la gotera, se encuentra entregada à dos potencias; una, la velocidad adquirida al baxar del punto A; otra, su proprio peso. La primera, que tiene su direccion ácia D, es uniforme; la segunda, que se dirige ácia C, es acelerada; de esta suerte, no siendo iguales entre sí los espacios que anda la bola al baxar, ni quedando en una proporcion constante con los que anda ácia delante; la mudanza de direccion, que à cada instante ex-

pe-

perimenta, hace que describa la linea curva B E F.

APLICACIONES.

Por un sin numero de exemplos se muestra, que la pesadèz de los cuerpos les hace mudar el movimiento, quando no figuen la direccion del propio peso : este es una cierta fuerza, que produce su efecto, como qualquiera otra en iguales circunstancias : y el no perceberse tal vez, nace del mucho excessò de la otra potencia, que se exercita al mismo tiempo sobre el mòbil.

Una bala de calibre tirada à setenta passos, parece que no baxa nada de su primera direccion ; si solo se juzga por las apariencias, se dirà, que solamente ha seguido el impulso de la polvora ; y que su propio peso no entra en cuenta con el movimiento ; pues al parecer la bala conserva la direccion verdadera del cañon.

Pero es preciso reparar en dos cosas : la primera, que la velocidad de la bala en semejante distancia es tan grande, que su propio peso solo la harìa baxar muy poco, si la dexáran caer libremente en igual tiempo : con que esta càida no puede ser muy considerable, quando el mòbil sigue el impulso de otro movimiento. La segunda (mas eficaz) es, que los cañones de las armas de fuego son mas gruesos por la culata, que

que por la boca ; de modo , que la linea de mira GH , y la direccion verdadera de la bala , se cruzan en el camino , como se puede ver por la *fig.* 12. Y afsi , quando se cree dirigir la bala al punto H , verdaderamente se dirige al punto I : y si es una distancia regular à la que se tira , y el impulso de la polvora es proporcionado al peso de la bala , hallandose en buena proporcion el angulo formado por la linea de mira , y por la direccion del cañon interior ; el efecto del peso harà baxar el tiro la cantidad IH ; y por un movimiento (compuesto verdaderamente) se darà en el blanco à que se dirigia el tiro , mirando solo al movimiento simple , impresso por la polvora encendida.

Todos los fusiles , pues , levantan el tiro : y el no està contentos tal vez con ellos , nace de que levantan excessivamente ; porque si el cañon fuera igualmente grueso por todas partes , el rayo visual seria paralelo à la direccion de la bala ; el peso del plomo haria baxar el tiro necessariamente , y este defecto de la construccion obligaria al que tira à que tuviesse cuidado con el efecto del peso.

Qualquier chorro de agua , que no cae perpendicularmente al horizonte , nos pone à la vista varios movimientos compuestos en lineas curvas , por varias fuerzas , cuyas acciones no guardan constantemente la misma proporcion en todos los instantes. El agua que cae , por exemplo,

plo, de un canal sale horizontalmente con una velocidad, que adquiere al baxar por el texado, y esta velocidad, de si misma, es uniforme; pero al mismo tiempo tira el agua à moverse de arriba abaxo con una fuerza que crece mas cada instante, de esta doble tendencia nace la linea curva, que se nos pone à la vista, formada por un chorro succesivo: y su extremidad, en que se termina la caida, va tanto mas lexos, quanto es mayor la velocidad horizontal, como puede repararse, quanto es abundante el chorro; porque entonces, siendo mayor la massa del agua, hacen menos impresion en ella los frotamientos, ò la resistencia del ayre.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Sobre dos cuerdas de tripas fuerte, y paralelamente tendidas de un lado à otro de un quarto, ò camara, se hace correr la tabla L M, (*fig. 13.*) tirando de un hilo, que passa por la garrucha N. En medio de esta tabla mobible hay un cañoncito, en el qual éntra libremente un cylindro de palo, de modo, que pueda moverse de alto abaxo, sin salirse del todo. Debaxo de la tablita hay un martillo, que recibe el movimiento por medio de un resorte, que se aprieta, haciendo passar el mango del martillo

por la mortaja L, en la qual lo detiene fixo una clavija O. En esta ultima pieza està atado un hilo de dos, ò tres pies de largo, sujeto à la pared por la otra extremidad; en el cañoncito se mete una bola de marfil, y de calibre; se tira de la tabla con la mayor uniformidad que sea posible, y con una velocidad capáz de hacerla correr ocho, ò diez pies en un segundo de tiempo.

E F E C T O S.

Al llegar la tabla al tercio del camino, la clavija contenida por el hilo à que està atada, suelta el resorte, que impele al martillo; entonces el golpe impresso por debaxo en el cilindro, se comunica à la bala de marfil; ésta sale del cañoncito, del qual se levanta, y và à recaer por una linea curva, sobre la misma tabla, que ha continuado su camino, mientras la bala estava en el ayre.

E X P L I C A C I O N E S.

Es evidente, que si la tabla M L no se moviera, mientras que el martillo imprime su impulso, la bala se elevaria perpendicularmente por la linea P p: tambien es incontestable, que si la bala no tuviera sino un movimiento comun con la tabla, siguiera precisamente, como

ésta sigue, la direccion horizontal. Pero saliendo con los dos movimientos al mismo tiempo, la ley del movimiento compuesto exige, que tome una direccion média, y que se eleve por una linea obliqua al horizonte, como P Q, ò P R. Determinada ya una vez à moverse en una de estas lineas, continuaria, sin duda, moviendose en la misma direccion en consecuencia de la primera ley del movimiento simple, si su pesadèz no lo impidiera. Esta potencia, que tiene como su residencia en la bala, y que sin parar la solicita à que baxe, la aparta mas, y mas de la direccion que tiene; y aumentando siempre mas, y mas los espacios que le hace andar de arriba abaxo (lo que explicaremos con mas precision, en hablando de las leyes de la gravedad) llega al punto S por la linea P T S, en el mismo tiempo que huviera empleado en andar la linea P R: y la tabla, que no ha interrumpido su movimiento, se vuelve à encontrar baxo la bala al fin de la caída.

APLICACIONES.

La Experiencia que se acaba de explicar, facilita las respuestas à las questions siguientes.

Primero: A què peligro se expondría un Marinero, que se dexasse caer de lo alto de la

gavia, mientras el navio està à la vela? Correrìa riesgo de caer en el mar, ò caerìa sobre el puente?

Segundo: Dónde irìa à parar una naranja, que un hombre à cavallo, corriendo à toda brida, tirasse con cuidado perpendicularmente al horizonte: la dexarìa atrás à caso la velocidad del cavallo?

Tercero: Suponiendo, como hypothesis, que la tierra se mueva sobre su exe en veinte y quatro horas, y que un cañon, ò un mortero puesto sobre el equador tuviesse un movimiento de Occidente à Oriente, corriendo doscientas y cinquenta toessas por segundos; la bola disparada perpendicularmente seguirìa esta direccion, tanto al subir, como al baxar?

De las explicaciones precedentes se infiere, que el Marinero caerìa al pie del mastil, por una linea, que parecerìa vertical à los que estàn en el navio; pero si estos estuvieran en la playa, no dexarian de perceber que era curva. Porque es verdad, que la caída sería paralela al mastil, que està derecho; pero los diferentes puntos del mastil, que corresponden al Marinero, quando và cayendo, se havrían adelantado unos mas que otros en la direccion horizontal, y su encañamiento formaria una linea curva, porque la caída và siempre con una velocidad acelerada. Esto se entenderà facilmente, si se toma por mastil la linea *Mf* de la *fig. 10*: los espacios in-

terceptados entre las letras M, *a, b, c, d, e, f*, por el camino que anda el Marinero en tiempos iguales, mientras cae; y la linea M *c*, (*fig. 6.*) por el espacio que el navío anda horizontalmente.

Lo mismo sucedería con la naranja del hombre à cavallo, y con la bala del cañon, que con la bala de marfil de nuestra ultima Experiencia; el efecto sería el mismo: ninguno de los dos móviles se quedaría atrás: y si no huviese alguna causa accidental, que lo impidiese, la naranja caería en la mano del que la tiró, como la bala en la boca del cañon de donde salió: lo que se concibe facilmente, aplicando à estas dos suposiciones las razones, de que nos hemos valido para explicar el movimiento de la bola de marfil.

Aunque estos efectos pudieran inferirse de la theorica con toda seguridad, no deben esperarse en la práctica; porque el movimiento del móvil, en el instante en que éste parte, se arregla, segun los dos impulsos en el tal instante; pero sucede frequentísimamente que antes de caer el dicho móvil, padece alguna mudanza el plano, que ha de recibirlo, yà en la velocidad, yà en la direccion; ò bien encuentra algunos obstáculos que deshacen la proporcion de los impulsos, de que se compone su movimiento: en tales casos bastan los *poco mas, ò menos*; estos casi nunca faltan; y en caso que falten, se dexan ver las causas por sí mismas.



SECCION SEGUNDA.

DE LAS FUERZAS CENTRALES.

DE todo lo dicho en las Lecciones precedentes, por lo que mira al movimiento simple, y de lo que se acaba de explicar en ésta sobre el movimiento compuesto, se infiere, que no hay movimiento alguno, que naturalmente se dirija en linea curva. Una vez que un cuerpo está determinado à moverse, yà por una causa sola, yà por muchas juntas, siempre tira à perseverar en el estado en que se halla, y éste consiste en passar de un termino à otro, con una cierta velocidad, por el camino mas corto, que es una linea recta. Con que si tal vez se vè que un móbil describe una linea curva por su movimiento, es preciso considerar el camino que hace como una concatenacion de movimientos no interrumpidos; pero que mudan à cada instante sus direcciones particulares, y estas forman entre sí unos angulos muy obtusos; del mismo modo que se suele considerar un circulo, ò una linea curva como una reunion de lineas rectas infinitamente cortas, è insensiblemente inclinadas entre sí. Tal sería la linea 1, 2, 3, 4, 5, 6, de la *fig.* 10. si las partes in-

interceptadas entre los numeros no tuviesen un tamaño sensible.

Esta continuacion, pues, de movimientos simples en lineas rectas, cuyo todo forma una linea curva, no puede ser el efecto de una sola determinacion: aun muchas juntas no bastarian, si continuamente no mudassen su proporcion recíproca, como queda explicado, y probado en la Seccion precedente.

Estas proporciones pueden variar, no solo quanto à la *intensidad*, esto es, quanto al grado de fuerza, sino tambien quanto à la direccion de las potencias: otra suposicion, baxo la qual nos queda que considerar el movimiento compuesto.

Supongamos, pues, que dos fuerzas tiran à mover el móvil A, *fig.* 14. y considerèmos la proporcion de ellas como las dos lineas A C, y A B, así por la intensidad, como por las direcciones; esto es, que sus fuerzas estèn en la proporcion de uno à 3, y que sus direcciones formen entre si un angulo recto en el punto A. Es cierto que el movimiento compuesto empezará por A *d*, y que continuará hasta D, si nada varia. Pero si al fin de este primer tiempo se vuelven à hallar las dos potencias dispuestas entre si como al principio; si v. gr. quedando la tendencia ácia D, qual resulta del movimiento compuesto, se dirige ácia H la otra fuerza; el movimiento se compondrá de nuevo, y el móvil

32 *Lecciones de Physica Experimental.*

bil llegará à *e*: y si sucede aun lo mismo, que una de las dos se dirija ácia *I*, se verá llegar à *f* el móvil; después à *g*, después à *h*, si los puntos *K*, y *L* llegan à ser sucesivamente los terminos de la fuerza, que era al principio *A C*.

Lo que acabamos de decir como por suposicion, se halla en la realidad en el movimiento de una honda, ò de qualquier otro cuerpo, que se hace dár vueltas à la extremidad de una cuerda; porque pasando sucesivamente la mano por los puntos *C*, *H*, *I*, *K*, *L*, hace tambien passar la cuerda por lineas *A c*, *d H*, *e I*, &c; y suponiendo, que la cuerda es siempre del mismo tamaño, puede representar una potencia, que solo varía de posicion. Si las lineas que anda el móvil *A d*, *d e*, *e f*, *f g*, &c, se consideran como infinitamente cortas, su reunion formará una linea curva, como la que describen todos los cuerpos en semejantes circunstancias.

Todos los cuerpos, pues, que circulan como la piedra de una honda, hacen un esfuerzo continuo por huir del movimiento circular; pues si estuvieran libres, se escaparían por alguna de las cortas lineas rectas, que empiezan à describir à cada instante, como *d D*, *e E*, que se llaman *tangentes*. Esto es una ilacion de la primer ley del movimiento, confirmada por la experiencia. Porque si la cuerda se rompe, ò se

fuél-

suelta del todo, quando la honda està en *d*, la piedra que està en ella, no continúa moviéndose por los puntos *e*, *f*, *g*, &c, sino que sigue la línea *dD*, y toda la destreza del que la tira, consiste en tomar bien la tangente, que mira al termino.

Tirar à escaparse por la tangente, y hacer esfuerzo por alexarse del centro del movimiento circular, son dos expresiones, que pueden mirarse como synonimas; porque es evidente, que si el móvil *A* en vez de ir de *d* à *e*, y de *e* à *f*, continuasse de *d* à *l*, y de *l* à *m*, se separaría cada vez mas de los puntos *I K*. En general, pues, se puede decir, que todos los cuerpos, que se hacen mover en línea curva, tiran à alexarse del centro de su movimiento; y que si no tiene efecto esta tendencia, será porque hay alguna fuerza contraria, que los retiene, ò impele ácia el centro.

Estas dos fuerzas, que producen el movimiento circular, ò curvilíneo, y que tiran continuamente, una à acercar, otra à separar al móvil del centro, se llaman *Fuerzas Centrales*; y para distinguir la una de la otra, la primera se llama *fuerza Centrípeta*, y la otra *fuerza Centrífuga*.

Las fuerzas centrales se oponen directamente entre sí; porque aunque la fuerza centrífuga tenga su dirección por la tangente, se ha de advertir, que si se prolongasse el rayo, que

representa la fuerza centripeta, lo cortaria la tangente en una continuacion de puntos, que siempre se van apartando del centro. Pongamos esto mas inteligible con una *figura*.

Supongamos, por exemplo, que el móvil M (*fig.* 15.) sea llevado por el rayo BC, à lo largo del qual pueda correr; ello es cierto, que haciendo dár vueltas à este rayo al rededor del centro C, todos los puntos que se contienen entre M, y B, pasaràn successivamente con el móvil por cima de todos los puntos de la tangente MD; y por consiguiente, obedeciendo el cuerpo M à la fuerza centrifuga, correrà directamente de M à B. Por esta razon permanece siempre recta la cuerda de una honda, que dà vueltas; y por la misma razon, quando se hace circular un vaso lleno de agua, lexos de derramarse el fluido, hace esfuerzo contra el fondo del vaso. Passemos à las Experiencias, y pongamos à la vista desde luego, que las fuerzas centrales tienen lugar en toda suerte de materias fluidas, ò sólidas, con tal, que su movimiento sea curvilinear.

Fig. 12.

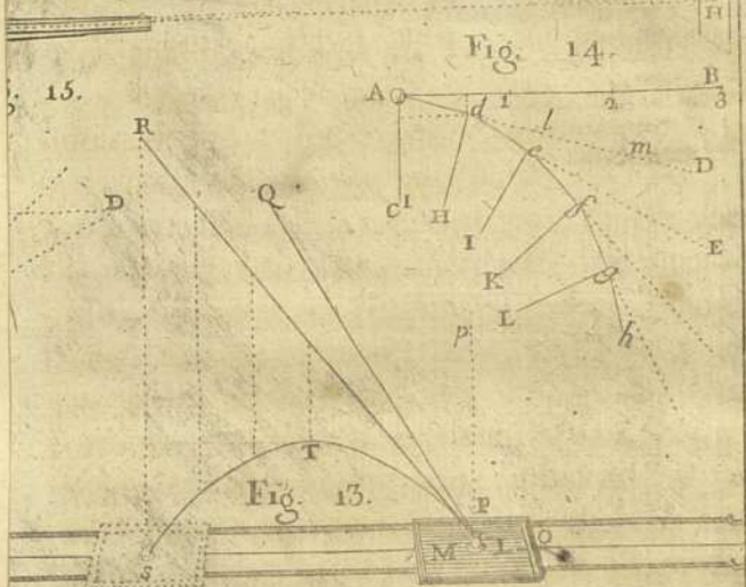


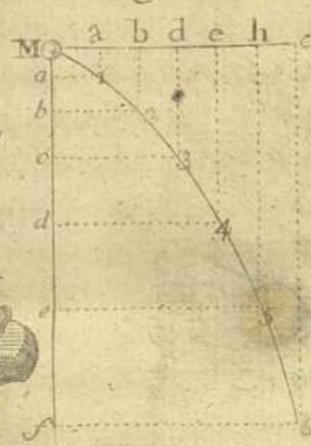
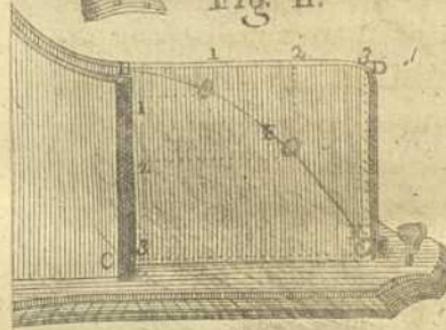
Fig. 14.

Fig. 13.

Fig. 10.



Fig. 11.



(G. 11.)

Fig. 12.

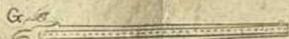


Fig. 15.

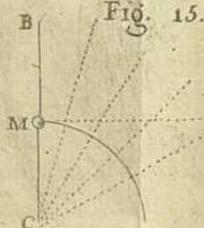


Fig. 14.

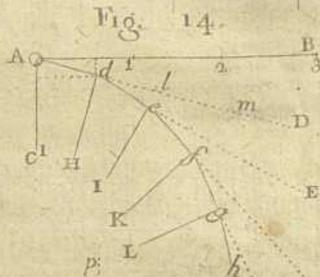


Fig. 13.

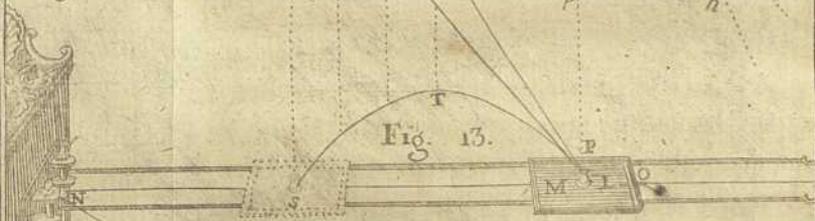
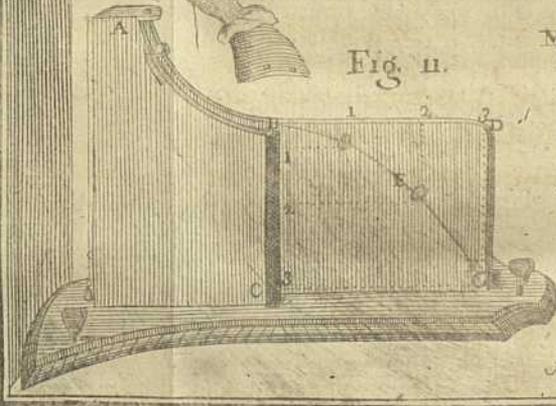
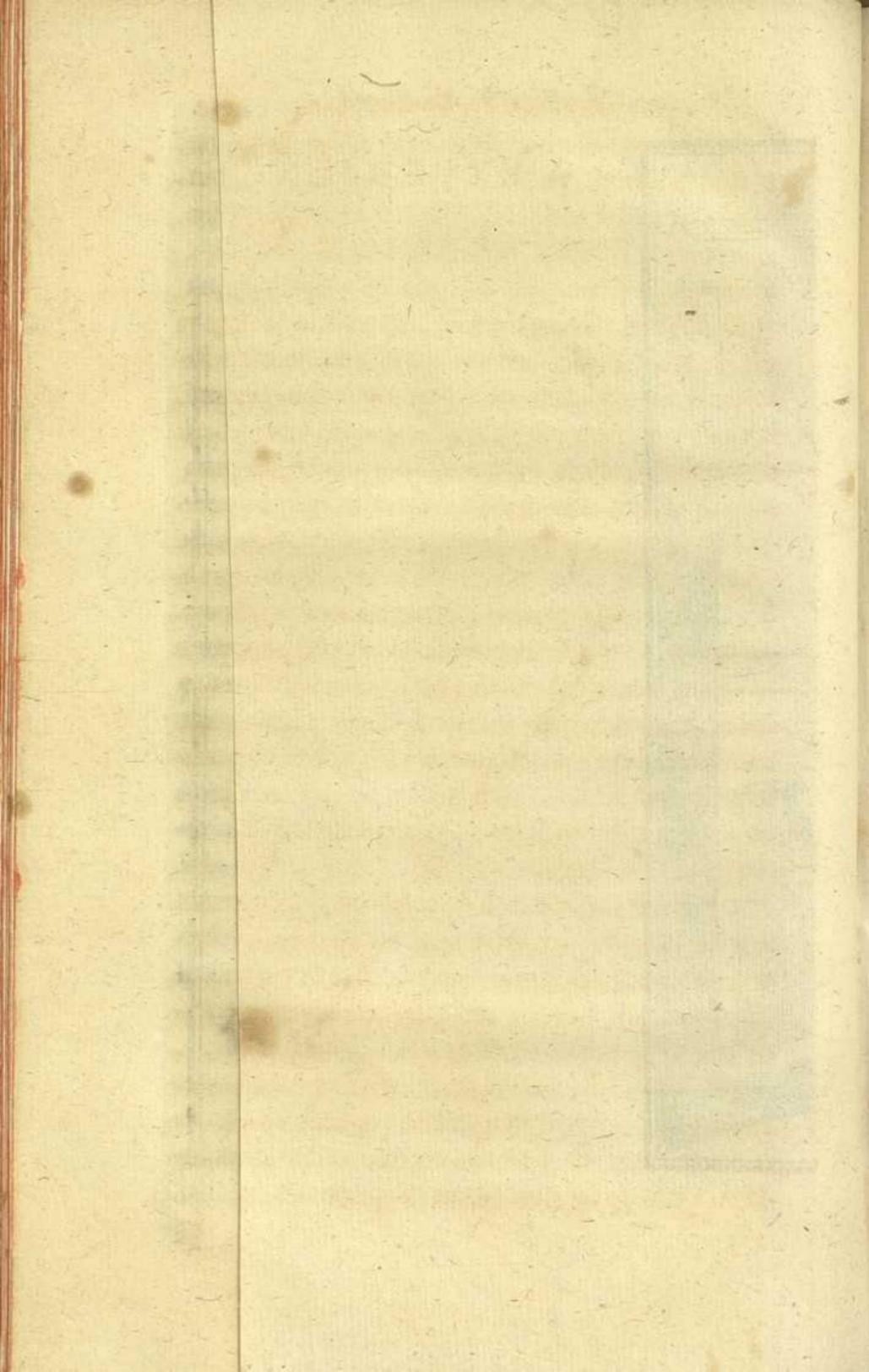


Fig. 10.



Fig. 11.





PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA maquina que està representada en la *fig. 16.* es una mesa triangular puesta sólidamente sobre tres pies, que pueden ponerse à nivèl con tres tornillos. Acia el vertice del triangulo se eleva perpendicularmente un pilar, en el qual hay una rueda vertical, que se pone en movimiento con una manija, ò de otra suerte. Esta rueda, por medio de una cuerda, y de dos garruchas pequeñas, hace mover otras dos garruchas grandes horizontales A, B, enarboladas de hierro, y puestas en los otros dos angulos de la mesa. Estas garruchas tienen varias gargantas de diferentes diametros: y sobre el plano superior de ellas se vãn poniendo las diferentes piezas, que sirven à las Experiencias de esta especie.

Por lo que mira à la presente, sobre una de las dos garruchas se fixa un *portante* CD, como està en la figura: en un alambre que co-ge de un lado à otro, està en ensartadas dos bolas de marfil, igualmente gruesas, atadas una à otra con un cabo de seda de cinco pulgadas de largo, de modo, que pueden correr con gran facilidad por el alambre en que està en ensartadas. Una de las dos bolas se pone en medio,

y la otra à la distancia que la seda permite.

EFFECTOS.

Primeró : Haciendo dár vueltas à la rueda grande , è imprimiendo un movimiento circular al portante , la bola E describe un circulo , y se lleva consigo la que està en el centro del movimiento.

Segundo : Si se corta la seda que ata las dos bolas , y se vuelve à començar la experiencia , se queda en el centro la bola F , y la otra sola se escapa.

Tercero : Si en otra tercera operacion , estando las bolas atadas como en la primera , se colocan à igual distancia del centro por una , y otra parte , no partirà ni una , ni otra , aunque se les imprima la mayor velocidad que sea posible.

EXPLICACIONES.

Luego que el portante dà vueltas horizontalmente , el alambre , que coge de un extremo al otro , forma con su revolucion un plano circular , de quien es diametro : y todos los puntos comprehendidos á lo largo , desde el centro hasta las extremidades C , y D , describen otros tantos circulos concéntricos. Por consiguiente la bola E se halla en uno de estos circulos , y lo

def-

describe tambien. Este tal movimiento le comunica una tendencia à alexarse del centro de la rotacion por la tangente. Y corriendo la bola por un rayo, que se mueve con ella, camina à lo largo de dicho rayo, como queda explicado en la *fig.* 15. La causa de este movimiento es una fuerza real; supuesto, que no solo vence à la resistencia de su propria massa, que por su inercia permanece, quanto le es posible, en el sitio, en que la pusieron; sino tambien à la resistencia de otra massa, que no circula, y que, con igual tendencia, no se halla impelida à mudar de sitio, como se vè en cortando la seda; porque entonces, hallandose el centro de la bola F en el mismo centro de la rotacion, solo havrà fuerza centrifuga en sus partes, que en efecto se mueven circularmente. Pero las partes correspondientes de un cuerpo espherico, y homogèneo (como la bola de nuestra Experiencia) tienen iguales fuerzas centrifugas, y directamente contrarias; y consiguiente estàn en equilibrio. Dichas partes guardan entre sî la misma proporcion, que las dos bolas E, y F, atadas con la seda, y colocadas à iguales distancias del centro de su movimiento. Pero mejor ocasion tendrèmos de dâr à entender este equilibrio, quando hayamos explicado el modo de medir las fuerzas centrifugas.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN lugar del portante, y de las dos bolas de marfil, de que nos hemos servido en la Experiencia precedente, se coloca otro, en cuyo centro hay un especie de vaso lleno de agua, que comunica con dos cañoncitos de vidrio inclinados G, H, y que terminan en dos bolas huecas en las otras dos extremidades, como puede verse en la *fig.* 16.

EFECTOS.

Haciendo dár vueltas à este portante, y à lo que en èl se contiene, sube por los cañones el agua del vaso, y se llenan las dos bolas de las extremidades.

EXPLICACIONES.

Antes de imprimir el movimiento de rotacion, està el agua à nivèl del vaso en la parte inferior de los tubos; porque las columnas del fluido por su proprio peso se ponen en equilibrio con las que corresponden al orificio de dichos tubos en el vaso. Pero luego que estas porcioncitas de agua llegan à dár vueltas con una cierta velocidad,

dad, vàn à parar à la bola hueca, por medio de la fuerza centrifuga, que es mayor que su propio peso; el qual hace las veces de fuerza centripeta. Luego que sube una parte, entra otra en su lugar, para hacer equilibrio al agua del vaso; y de esta suerte và subiendo successivamente una cantidad suficiente para llenar los tubos, y las bolas.

APLICACIONES.

Estas dos primeras Experiencias prueban con bastante claridad lo que diximos al principio; conviene à saber, que todos los cuerpos, sin distincion, en qualquier estado en que puedan hallarse, adquieren una fuerza centrifuga al dár vueltas: la travazon de las partes, ò su fluidèz no varia nada dicho efecto. Esta especie de fuerza guarda la misma proporcion que la velocidad repartida entre todas las particulas de materia que circulan; ò por mejor decir, no se distingue de su misma velocidad considerada en las tales circunstancias.

Los trompos, y peonzas, con que los niños se divierten, pueden aqui citarse como objetos de instruccion. A la verdad estos exemplos familiares nos ponen à la vista, que la fuerza centrifuga se pone en equilibrio consigo misma en aquellos cuerpos, en quienes no circula el exe, ò el centro de gravedad: como quedò dicho

arriba, quando se puso la bola de marfil en el centro de la rotacion. En tal caso, si el móbil no tiene mas movimiento que el circular, sin el menor balance, aunque comunmente parezca que no se mueve, se conoce no obstante facilmente, que sus partes tiran à separarse del centro, y que solo las contiene su natural adherencia. Porque si se dexan caer encima algunas gotas de algun fluido, este se disipa presto, y dexa la superficie, con que al mismo tiempo dà vueltas. Las ruedas de los coches, y sillas de postas arrojan el lodo à lo lexos; y la piedra del Amolador agotaria presto el caxoncito donde entra un poco, y salpicaria continuamente, y con mucha incomodidad, si no se tuviera cuidado de contener el exceso del agua con un pedazo de piel, ò de sombrero, que frota sobre la superficie de la rueda.

El movimiento de rotacion hace tambien mas grandes, y mas agradables à la vista los soles, que aparecen en los fuegos de artificio; porque el nitro inflamado se esparce por una infinidad de tangentes, y forma un plano mas estendido de lo que pudiera ser, si se quemasse sin dàr vueltas.

Nuestra segunda Experiencia puede ser de algun provecho, aplicando à la elevacion, ù evacuacion de las aguas, el principio fundado en ella misma. No dudo, que en varias ocasiones se sacaràn muchas ventajas con este medio,

intentado con buen exito varias veces. La famosa bomba de Hesse , que se anunció à los Sabios con el nombre de *Rotatilis Suctor*, (*) que descifró Papin, y de que despues se sirvió, variandola de muchos modos, no era, à la verdad, otra cosa , que un tambor , ò cylindro hueco metido en el agua , dentro del qual circulaban varios volantes puestos de firme en un exe : este movimiento , (haciendo circular al agua) le imprimia una fuerza centrifuga , que la hacia subir por un canal , ò cañon , que havia en la circunferencia del tambor. Varios sugetos han construido tambien diferentes bombas , en que han aplicado la fuerza centrifuga de un modo muy ingenioso. Algunas se hallan en Ramelli , y en la Coleccion de maquinas aprobada por la Academia de Ciencias de Paris , *Tom. 6. p. 11.* & *suiv.* Valiendose de este mismo principio se han inventado varias especies de fuelles de fraguas, *ibid. tom. 5. pag. 41.* y de cribas , ò harneros para limpiar el trigo. La parte principal de estas maquinas siempre es un exe con varios volantes, que dàn vueltas dentro de un tambor ; bien se vé , que si en la circunferencia del tambor hay un agujero , ò un cañon abierto , y otro en uno de los lados , cerca del centro del movimiento, havrà de salir por el primero un chorro continuo de ayre : porque mientras que la fuerza cen-

(*) Acta Erudit. Leipfik an. 1689.

42 *Lecciones de Physica Experimental.*

trifuga causa una evacuacion por la circunferencia , el peso del ayre , que no halla yà oposicion alguna , havrà de llenar el tambor por el centro.

Monfieur Desaguilliers , aprovechandose de estas dos determinaciones , que se le pueden dár à los fluidos, valiendose de semejantes maquinas, dispuso una, (*) con la qual intentaba mudar el ayre del quarto de un enfermo , renovar tambien el de los soterraneos , ò lugares que se infectan por el gran numero , ò mala disposicion de las personas que los ocupan , como las Salas de Espectaculos , los Refitorios de las Comunidades , los Hospitales , &c. Las experiencias hechas en Londres en la Camara de los Comunes , han puesto à la vista , que no se frustraron las idèas del Autor , y que la tal invencion ofrece verdaderas ventajas.

Si se quisiera usár de cañones inclinados , como en nuestra Experiencia , no hay duda , que se seguirìa el mismo inconveniente que en la Espiral de Archimedes. Solo pudieran servir para subir las aguas à una elevacion mediana , porque fuera preciso hacerlos demasiado largos ; pero no faltaràn ocasiones , en que no haya lugar el tal inconveniente. Nadie ignora , que el buen efecto de las maquinas se debe à las circunstancias , y que la que no es tan buena en

(*) Transact. Philosophiques n. 437.

ciertas ocasiones, debe preferirse en otras por razones mas fuertes, que militan à su favor.

Yo me valgo comunmente de la fuerza centrifuga para juntar el licor en mis thermometros, quando han llevado algun golpe, ù por otra causa, que pueda haverlo separado en varias partes. Creome obligado à decir aqui el remedio, por ser éste un accidente, que interrumpe el uso, y puede acontecer à todos los que se sirven del tal instrumento. El remedio es facil, y simple. Tomese el thermometro por lo alto de la tabla, y hagasele dár algo aprisa cinco, ò seis vueltas, de modo, que la bola se halle en la circunferencia, y el tubo en el radio del circulo que describe. El licor separado adquiere una fuerza centrifuga, que presto lo úne con el resto.

No dexan de saberse algunos efectos que un movimiento semejante produce en los animales. Los niños se divierten tal vez en hacer dár vueltas à una gallina, haviendole antes metido la cabeza baxo el ala, para adormecerla, segun dicen: à la verdad, regularmente se vè, que el animal se queda inmóvil en el sitio, en que lo ponen despues de la operacion. Pero me parece, que esto menos es el efecto de un sueño, que el de un aturdimiento, nacido de la turbacion causada en los sentidos, que, mientras dura, impide recibir las impresiones que los determinan en sus movimientos ordinarios.

44 *Lecciones de Physica Experimental.*

Me consta, sin quedarme la menor duda, que un animal puede morir, quando se hace con él esta experiencia. Yo mismo atè por las patas un buen gazapo, y dandole la cuerda à dos hombres, le hicieron dâr 100 vueltas seguidas; quando acabaron, aùn no havia muerto el animalito, pero no pudo tenerse en pie, y dentro de poco tiempo murió. Un gato, que se le hizo circular del mismo modo, no murió, pero vomitó en abundancia; y aunque no havia llevado el menor golpe, no obstante tenia algunas gotas de sangre en la garganta. No hay duda, que en caso semejante se descomponen la economía animal, porque la fuerza centrifuga dirige los fluidos ácia la cabeza; de esta suerte se interrumpe su curso natural, y cesan sus funciones.

El juego de la fortija, y el columpio sería muy peligroso por la misma razon, si la posición del cuerpo no previnièssè los accidentes. Si en lugar de èstar sentado, ò en una situacion, que pone los vasos casi paralelos al exe de la rotacion, se estuviera acostado de modo, que lo largo del cuerpo quedassè perpendicular à dicho exe, no dudo que presto se sentiria alguna incommodidad. Quizàs pudiera tentarse este medio para restablecer el curso de los humores en los miembros heridos de perlesia. Cierta Sabio me propuso este pensamiento; pero no siendo su estudio particular, no menos que el mio la

anatomía, creo que los que la profesan podrán mas bien juzgar de su valor, y del uso que puede establecerse.

No siendo la fuerza centrifuga mas que el esfuerzo de un cuerpo, que tira à continuar su movimiento por la tangente de la linea curva, que se le hace describir; havrà de calcularse como el movimiento mismo; esto es, por la massa, y la velocidad. Y así, de dos cuerpos que circulan con iguales velocidades, el que tiene mas materia, tendrá mas fuerza centrifuga; y al contrario tambien, si las massas son iguales, solo puede haver diferencia en el grado de velocidad. Para conocer el valor de éste, se ha de mirar à dos cosas. Primero, al tamaño de su revolucion. Segundo, al tiempo que gasta en hacerla.

Llamase *revolucion* la linea curva que el móvil describe, contando desde el punto de donde parte, hasta que vuelva à hallarse en el mismo punto, ò enfrente de él, sobre una linea que passe por el centro. Tal es el circulo que comienza en A, (*fig.* 17.) y acaba en el mismo punto: ó la espiral A E D, que empieza, y acaba sobre la misma linea D C, (*fig.* 18.)

El tiempo que se passa, mientras que el móvil hace una revolucion entera, se llama *Tiempo periodico*. La velocidad es tanto mayor, quanto es menor el tiempo periodico, (*fig.* 17.) y la revolucion mas extendida. De modo, que
el

el móvil A iría con mas velocidad que el mobil D, describiendo cada uno de ellos, al mismo tiempo, el circulo, en cuya circunferencia está: ò bien si teniendo que hacer los dos la misma revolucion, como A, F, (*fig.* 17.) la hiciera F mas presto que A. Así como el circulo se mide por su radio, así tambien la revolucion se aprecia por la distancia del móvil al centro: por consiguiente, si la distancia de C à D es la mitad menor, que de C à A, se infiere, que la revolucion del móvil A, es el doble de la del móvil D.

Tres cosas, pues, se han de considerar al comparar las fuerzas centrifugas de dos cuerpos; la massa, la distancia al centro, y el tiempo periodico.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Sobre una de las dos poleas horizontales de la maquina de la *fig.* 16. se pone un portante, (*fig.* 19.) en el qual hay quatro tubos de vidrio inclinados al plano, los quales se juntan en el medio. En cada cañoncito del primer par se havrán echado dos licores, diferentes en su peso específico: es à saber, en el primero un poco de agua comun, y otro poco de aceyte de trementina colorado; en el segundo se echa un

un poco de aceyte de tartaro , y otro poco de espiritu de vino. Los otros dos del segundo par estàn llenos de agua comun , y en uno de ellos hay una bolita de metal , y en el otro una de corcho. Estando parada la maquina , los dos licores mas ligeros se mantienen en la parte mas alta de los tubos que ocupan ; y cada una de las dos bolas guarda tambien sitio correspondiente à su respectivo peso : la de metal està en el fondo , y la de corcho náda sobre la superficie. Pero luego que anda la maquina:

E F E C T O S.

El espiritu de vino , y el aceyte de trementina ceden sus puestos al agua , y baxan à la parte inferior de sus tubos : la bola de metal sube à la parte superior del suyo , y la de corcho al contrario viene à parar al fondo.

E X P L I C A C I O N E S.

Cada porcion de los tubos , y de lo que en ellos se contiene , describe un circulo , y adquiere una fuerza centrifuga , luego que se imprime al portante el movimiento de rotacion. La primera tela de agua , que toca inmediatamente al aceyte de trementina, usa contra dicho licor toda la tendencia que tiene , para apartarse del centro de su movimiento. Este esfuerzo se-

seria ineficaz, si la fuerza centrifuga del aceyte fuera igual à la del agua; porque estando sostenida por una columna del mismo licor, que estriva contra la extremidad del tubo, no havria causa que la obligasse à ceder su sitio; pero el aceyte es mas ligero, y el agua en consecuencia del exceso de su massa prevalece contra èl, y lo precipita poco à poco; porque lo que sucede con la primera tela, sucede del mismo modo con todas las demàs. Y assi el aceyte, y el espiritu de vino mudan de sitio, no por algun esfuerzo positivo de su parte (porque el movimiento circular imprime tambien la fuerza centrifuga à estos dos liquidos) sino porque esta fuerza en ellos no iguala à la del agua: por otra parte, siendo impenetrable la materia, y no siendo bastante sitio el que ocupa la columna de agua para contener al mismo tiempo la del aceyte, aquel licor ocupará el lugar mas apartado del centro, que tuviere mas fuerza para ampararse de èl.

Del mismo modo debe explicarse la mudanza de puesto de las dos bolitas. En qualquiera parte en que se hallen, cada una de ellas corresponde à un igual volumen de agua, aunque la massa de éste difiera de la de las bolas, segun su peso respectivo. De esta desigualdad nace un exceso de fuerza centrifuga en el uno de los volúmenes que se tocan; y de este modo se vê obligada à baxar al fondo la bola de corcho, por ser
mas

mas ligera que el agua; y la de metal al contrario prevalece, y se va poniendo sobre todos los volumenes correspondientes de agua, conforme se van sucediendo.

APLICACIONES.

Por estos efectos, pues, se ve claramente, que la fuerza centrifuga aumenta à proporcion de la massa de los cuerpos, quando las velocidades son iguales; y que la fuerza centripeta de una materia puede ser el efecto de la fuerza centrifuga de otra, que circula con ella, ù al rededor de ella. El Labrador, que limpia su trigo en la zaranda, nos pone à la vista un exemplo, que ha merecido la atencion de los Philosophos: quando este quiere juntar la paja que està mezclada con el grano para limpiarlo, imprime à toda la massa un movimiento circular, è inmediatamente se ven caminar àcia el centro del movimiento las partes mas ligeras, porque las mas pesadas tienen mas fuerza para ganar la circunferencia.

Tambien se nota, que todos los cuerpos que nadan sobre un agua, que hace remolinos, se juntan àcia el centro de su movimiento. Por esto se evitan con tanto cuidado todos los sitios del mar, y de los rios caudalosos, en que el agua dexa perceber un movimiento semejante; porque una triste experiencia ha manifestado, que

en tales litios el peligro de perecer es muy común.

Este mismo efecto, que resulta del exceso en la masa, resultará igualmente del exceso de la velocidad. Un cuerpo rodeado de una materia que circula, aunque sea mas pesado que ella, no obstante cederà à la fuerza centrifuga, si la materia se mueve con mas velocidad que el tal cuerpo: de modo, v. g. que el grado de velocidad en aquella venceria al exceso de masa de éste. Los torbellinos de viento, que levantan el polvo, y la arena, nos dàn un exemplo, que puede servir de prueba de lo dicho; pues se puede observar, que la cantidad de estos cuerpos, mucho mas pesados que el ayre en que circulan, es mucho mayor en el centro del torbellino, quando éste empieza, y no ha adquirido aùn toda la fuerza del fluido.

Partiendo de este principio, havia discurrido Descartes ingeniosamente, que podia explicarse por reglas de mecanica esta fuerza centrifuga de los cuerpos, que se llama *gravedad*, ò *pesadèz*, (*) suponiendo nuestro globo rodeado de una especie de torbellino, ò vortice de

(*) Aunque hasta aqui hemos usado indiférentemente de los terminos de *peso*, y *pesadèz*, no obstante, no deben confundirse, pues son cosas muy distintas, como se verá en la Leccion siguiente.

materia muy sutil, cuya velocidad fuesse muy grande. Pues (segun decia) esta materia, à causa de la rapidèz de su movimiento, tendria mucha fuerza centrifuga; y siendo mucho menor la de todos los cuerpos que encontraria como flotando en el ayre, se verian estos obligados à ceder en todos los instantes, hasta que llegasen al sitio mas baxo, esto es, al centro del movimiento, ò encontrassen algun obstáculo invencible, que les impidiesse llegar allà.

Este Philosopho, buscando modo con que apoyar su discurso sobre algunos hechos, para dár mas verisimilitud à su hypothesis, indicò una experiencia muy curiosa, que no hay fundamento para creer se huviesse executado en su tiempo; pero despues se ha practicado, y ahora vamos nosotros à examinarla.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

FIG. 22. A representa un globo de crystal lleno de agua, con algunas gotas de espíritu de trementina colorado. Los polos de este globo se sostienen sobre dos pies, ò pilares, entre los quales puede dár vueltas con grande libertad, luego que se pone en movimiento la rueda vertical B, que comunica por medio de una cuerda cruzada con la polea C, que està de

firme en uno de los dos polos. El plano en que están los pilares, en que estriva el globo, puede ponerse mas alto, ù mas baxo, por medio de dos goznes DD, y de un tornillo F, que sirve para fixar la altura que se le quiere dàr. El todo descansa sobre una mesa de tres pies, que se nivela con tres tornillos.

E F E C T O S.

Primero : haciendo circular el globo, sobre su exe puesto horizontalmente, el espíritu, ò aceyte de trementina, que solo ocupaba un muy corto segmento en la parte superior del globo, se divide en un gran numero de globulitos, que flotan en la massa del agua, y que poco à poco reciben, un movimiento de rotacion como el agua misma. Despues se vãn estrechando mas, y mas; y forman al rededor del exe de la rotacion una especie de emboltorio, ò mas bien un todo sólido de figura ordinariamente cylindrica.

Segundo : haciendo parar el movimiento del globo de vidrio, se ensancha el cylindro, formado de las partes del aceyte colorado, primero por las extremidades, y despues por todo el resto; hasta que llegando à cessar el movimiento en el agua, se vuelve à juntar todo el aceyte (por ser mas ligero que el agua) en la parte superior del globo, en que estaba antes de la experiencia.

Ter-

Tercero : Si se vuelve à començar la Experiencia , y se inclina el exe del globo , quando las particulas del aceyte han llegado à formar el cylindro ; dichas particulas vãn à parar al polo mas elevado , y perseveran en èl todo el tiempo que dure la inclinacion.

Quarto : Si en lugar del aceyte colorado, se echa en el agua una bolita de cera : ésta vã tambien à parar al exe por el movimiento de rotacion , y hace en èl lo mismo que cada globulito de aceyte. Esto es , que en estando el exe bien paralelo al horizonte , la bola persevera siempre en todo lo largo del dicho exe ; y si éste llega à inclinarse , ella vã à parar al polo mas elevado.

Quinto : Lo mismo hace vèr una bolita de ayre substituïda à la de cera; pero si se suspende, ò amortigua el movimiento del globo , quando el ayre està en uno de los polos , tal vez sucede, que dicha particula se dirige àcia el centro de la esphera.

Sexto : Si se pone en el globo una bolita de cera mas pesada que el agua (lo que se hace introduciendo en ella un granito de plomo) , y se hace circular con lentitud à algunas pulgadas de distancia del exe ; doblando la velocidad , se vè , que esta massa diminuta (aunque mas pesada que un igual volumen de agua) vã à parar al exe , y permanece en èl constantemente , dando vueltas en sî misma. Y luego que se inclina

el exe de la rotacion , en lugar de subir al polo mas elevado , como la precedente , toma un camino totalmente opuesto. Esta experiencia es delicada , y necessita de mucho habito el que la hace ; pero aun quando de diez veces que se intente hacer , solo saliera bien una, esto basta para probar el principio , en que se funda.

EXPLICACIONES.

Para entender bien estos efectos , es preciso que la massa de agua , que està en el globo de vidrio , se conciba como compuesta de una infinidad de capas fluidas muy delgadas , puestas unas sobre otras , y que vãn disminuyendo de diametro , conforme se vãn acercando mas al centro.

Luego que se pone el globo en movimiento , su superficie sólida se lleva consigo (à causa del frotamiento) la primera superficie fluida que toca inmediatamente : y el aceyte colorado , como parte de dicha superficie fluida , muda de sitio à la primera vuelta de la esphera. De la pérdida de su sitio nace su division ; porque habiendo ido à parar mas abaxo de lo que estaba antes , su misma ligereza lo determina à recobrar el sitio perdido : al querer subir , encuentra en movimiento al agua , que lo separa ; y cada una de estas particulas oprimida igualmente por

todas partes del fluido, que la rodèa, toma una figura globulosa. Continuando el globo sus revoluciones, se vâ comunicando el movimiento de capa en capa à toda la massa del agua, de modo, que finalmente llega à moverse como un sólido; quiero decir, que todas las partes guardan entre si, al revolverse, unas situaciones constantes. Así como todos los puntos de la superficie del globo, C, D, E, F, G, (*fig.* 23, contando desde un polo al otro, describen las circunferencias de unos círculos paralelos, así tambien se pueden representar todos los cortes de agua que les corresponden, como otros tantos planos circulares, que circulan paralelamente sobre el mismo exe A B.

Si reparamos ahora en nuestros globulitos de aceyte dispersos en el agua, verèmos, que cada uno de ellos tira à acercarse al centro, no de la esfera comun, sino al centro del círculo particular, en que se halla. El que se halla en *a* v. gr. y circula en este paralelo, tiene (en consecuencia de su movimiento circular) una fuerza centrifuga, que lo determina à dirigirse ácia E, y ciertamente con la tal fuerza se escaparia con el agua, si el globo estuviera abierto en dicho punto: pero la gota de aceyte està encerrada del todo, y en cada instante corresponde à un volumen de agua, mayor en massa, y que revolviendose con una velocidad casi igual à la suya, le disputa el sitio mas elevado con una fuer-

fuerza centrifuga prevalente; con esto el globulito de aceyte se vè obligado à ceder hasta llegar al centro del movimiento, en donde es nula dicha fuerza. Lo mismo le sucede à cada particula de aceyte en el sitio en que se halla: y así todas ellas vienen à parar al centro de su revolucion particular, como los numeros 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c, y este efecto cessa al mismo tiempo que la causa; esto es, el aceyte sube al sitio mas elevado, à causa de su ligereza respectiva, luego que el agua pierde su fuerza centrifuga, dexando de circular.

Mientras que el exe de la rotacion està horizontalmente, y el movimiento es uniforme en toda la massa del fluido, conservan constantemente la forma de un cylindro las particulas de aceyte dispuestas en el exe; y por què razon se ordenarian de otro modo? Acafo lo exige la figura del vaso, como creyò un Phisico de estos tiempos? Su opinion no tiene el menor fundamento; pues no solo la dismiente la experiencia misma; pero ni en la theorica de las fuerzas centrales, ni en las otras leyes del movimiento se halla cosa alguna que la favorezca.

A la verdad, quando un cuerpo mas ligero que el agua llega à vèrse impelido ácia el centro de la rotacion comun à toda la massa, quièn lo determina à caer? Es acafo la parte del fluido, que està sobre èl? No serà mas bien la que se ha-

lla debaxo? Què parte, pues, tienen para este efecto la superficie del vaso, y su figura? Tenga la que tuviere, quando el vaso està lleno, yo solo veo un punto de apoyo que sostiene al fluido, pero que en nada varia la direccion de las partes inferiores.

Pero aunque este modo de discurrir dexasse alguna apariencia de duda sobre esta question, queda claramente decidida por la experiencia misma. Si la concavidad espherica del vaso fuera capàz de convertir por su reaccion las fuerzas centrifugas particulares de cada circulo en una fuerza centripeta comun, como han querido algunos; pregunto, por què no se vè el menor indicio de esta conversion, quando se hacen circular con el agua algunas particulas de aceyte, ù de otra qualquier materia ligera? por què en llegando estos cuerpos al exe, no tiran à formar todos juntos una figura, que pueda inducirnos à creer, que todos se dirigen à un mismo centro? por què razon una bola de cera, de ayre, &c, perseveran indiferentemente en qualquier punto del exe en que se encuentran?

En fin, para acabar de convencer à los que tengan aùn alguna duda, mudèmos de vasos; pongamos nuestro fluido en un hemispherio, en un cono, en un cylindro hueco. Si la inclinacion de los lados se ha de contar por algo en los efectos, se verà sin duda, que los cuerpos lige-

ros se dirigen ácia la base de los dos primeros, y se quedan con indiferencia en qualquier sitio del otro, en que se hallen. Esta diferencia daría à la verdad algun credito à la opinion que impugnamos; pero de ningun modo se percibe, y aun los mas interesados à encontrarla, convinieron en que no la veían, al repetir yo delante de ellos estas experiencias con todo el cuidado, y atencion posible.

Yá creía yo, que mis pruebas quedaban victoriosas, despues de una confesion tan clara. Pero no: aún queda otra objecion, à que es preciso responder. Oponeseme experiencia contra experiencia. Dicese, que una bolita de ayre vuelve del polo al centro de la esphera: luego hay alguna fuerza que la impele; y esta no puede ser otra que la fuerza axifuga convertida en centripeta por la reaccion.

Quando es uniforme el movimiento en el fluido, persevera indiferentemente en todos los puntos del exe la bola de cera, una gota de aceyte, &c, sin variar en todo el tiempo que dura la uniformidad del movimiento. El que la bola de ayre dexa el polo por ir ácia el centro de la esphera, nace de cierto juego de manos, que solo puede engañar à los que no lo perciben, ò están muy preocupados de su opinion. A la verdad, el tal efecto no resulta, sino es amortiguando el movimiento del globo; y la razon es esta.

Afsi como el movimiento se comunica de la superficie del globo de crystal à la massa del agua por medio del frotamiento, afsi tambien pierde su velocidad poco à poco; pero el efecto de estos frotamientos es tanto mayor, quanto es menor el volumen de agua à que las superficies corresponden: de modo, que la parte del fluido, que se contiene baxo la superficie sólida, CH, pierde su movimiento mucho mas presto que la que se contiene baxo la superficie G, ò baxo la superficie F. La velocidad, pues, empieza à disminuir por los polos; y los paralelos, que están mas cerca del equador, conservan la suya mucho mas tiempo que los otros.

Quando la bolita de ayre está en qualquier punto del exe, sea el que se fuere, solo la contiene la fuerza centrifuga; pero esta fuerza (como tambien el movimiento circular) se disminuye primero en los polos que en otra parte. La bola de ayre, que se halla en el polo, dexa presto el sitio que ocupa, por causa de su mucha ligereza: la inclinacion de los lados del vidrio la conduce obliquamente; pero, como abanzando de esta suerte, llega à encontrarse en los paralelos que están mas cerca del equador, y en ellos se conserva aún el movimiento, y por consiguiente la fuerza centrifuga; de aqui nace, que presto se halla rechazada contra el exe, y va à parar mas cerca del centro de lo que estaba antes de mudar de sitio.

60 *Lecciones de Physica Experimental.*

Con què fundamentos se podrá discurrir, que esta bola tenga en tal caso una determinacion precisamente fixa ácia el centro? No puedo negar, que tal vez se fixa en él; pero esto puede nacer de algun accidente, balance, ò golpe en el fluido, defecto de posicion en el exe, &c; porque lo mas comun es, que ò no llega à él, ò passa adelante.

El movimiento del fluido se amortigua primero en los polos que en otra parte, y esta es la verdadera causa de dilatarse por las extremidades el aceyte dispuesto en forma de cylindro, luego que cessa el movimiento del globo.

En fin, los cuerpos que están en el exe de la rotacion, quando éste se inclina, se dirigen al polo mas alto, ò al mas baxo, segun su mas, ò menos ligereza, respecto del fluido. Lo qual prueba aún, que dichos cuerpos no experimentan, desde el centro à los polos, alguna fuerza, que intente detenerlos en el centro; y que están detenidos en el exe por la fuerza centrifuga, con poca diferencia, como si estuvieran en un tubo, à lo largo del qual pudieran moverse libremente.

Solo queda que decir, cómo puede rechazarse ácia el centro una bola de cera mas pesada que un igual volumen de agua, y perseverar en él por la misma accion, que conduce al mismo sitio otro cuerpo mas ligero que dicho fluido.

Acafo puede una misma causa producir dos efectos contrarios?

Si tal vez sucede, que un cuerpo, que circula con un fluido, vaya à parar al centro del movimiento comun, serà porque sin duda alguna tiene menos fuerza centrifuga que dicho fluido; pero este exceso puede venir, ò de la massa, ò de la velocidad. En el caso presente viene de la velocidad, y à esta le debe el agua las ventajas sobre la bola de cera: quando està èsta à algunas pulgadas de distancia del exe, se aumenta de golpe el movimiento del agua, la qual no comunica inmediatamente todo este aumento de velocidad al cuerpecito sólido. El exceso de velocidad del agua respecto del sólido, por algun tiempo es mayor que el exceso de massa del sólido respecto del agua; que es de poca consideracion. Y así, llegando à ser mayor la fuerza centrifuga del fluido, que la de la bola flotante, èsta (à causa del aumento de velocidad) vâ à parar al exe de la rotacion. Desde que llega à èl, se està dando vueltas sobre su exe particular; y entonces, como sus partes adquieren fuerzas centrifugas directamente opuestas entre si, solo puede obrar siguiendo la direccion de un polo al otro.

APLICACIONES.

Por lo visto hasta aqui se infiere, que el pensamiento de Descartes sobre la causa physica de la gravedad tiene mas de ingenioso, que de exacto; porque si fuessè verdad que los cuerpos baxan à la tierra por la fuerza centrifuga de un vortice fluido, como se vè en el aceyte, ò bola de nuestra Experiencia; no se dirigiria siempre su tendencia al centro del globo, como nos lo enseñan los phenomenos mas averiguados de la pesadèz; sino à diversos puntos del exe; lo que es evidente, segun nuestras precedentes Experiencias.

Monseur Hughsens, bien instruido en sola la theórica, havia reconocido esta dificultad, aun antes que la experiencia la huviesse puesto à la vista. Viendo, pues, que no podia defenderse la hypothesi de un solo vortice, discurriò, que el fluido, à cuya fuerza centrifuga debia atribuirse la caida de los cuerpos graves, formaba un gran numero de vortices, cuyas revoluciones se hacian, siguiendo toda suerte de direccion. Este nuevo systèma fuè tan poco feliz como el primero; el uno es simple, pero queda probada su insuficiencia: el otro quizás podria satisfacer à la explicacion de los phenomenos; pero no hay modo de concebir una materia, cuyo movimiento siga toda especie de direcciones, sin def-

destruirse. La tal materia obraria en los otros cuerpos, sin obrar en si misma? y si llega à encontrarse un vortice con otro, cómo podrá subsistir su movimiento?

Muchas contradicciones padeciò esta ultima opinion sobre la causa de la gravedad, y diò lugar à muy curiosas disputas; pero por mas ingeniosas que fuesen las razones alegadas en su favor, es preciso decir, que no tuvieron la eficacia suficiente para mirar la question como decidida, supuesto que la Academia de las Ciencias la propuso por materia del premio del año de 1728.

El discurso, que mereciò coronarse vencedor entre los demàs, solo supone en el vortice dos movimientos, cuyas direcciones se cruzan en angulos rectos; èsto es, que el uno tiene por exe uno de los diametros del equador, y el otro se hace sobre los polos de este mismo circulo, como el agua de nuestro globo de vidrio.

Monsieur Bulfinger, Autor de esta nueva hypothesi, queriendo, como Descartes, poner à la vista su idèa por medio de alguna Experiencia, tuvo la misma fortuna, con poca diferencia. Este Sabio discurriò, è indicò un medio, para que à un mismo tiempo circulàsè el globo sobre dos exes, que se cortan en angulos rectos. No era esto lo mas eslàncial; lo que se requerìa era, que la massa de agua contenida en el globo, tomàsè los dos movimientos que se suponen en

64 *Lecciones de Physica Experimental.*

el vortice ; pero este efecto , ni resulta , ni puede resultar. Estoy muy seguro en lo que digo , por haver hecho la experiencia con mucho cuidado , y por haverla repetido muchas veces delante de testigos de no poca penetracion. Poniendo una señal en la superficie exterior del globo de vidrio , se ve , que estas dos rotaciones solo hán lugar respecto del globo ; pero que respectivamente à qualquier punto tomado , ò dentro , ù fuera de la esphera , una de ellas se reduce à una especie de movimiento , que describe un ∞ y por consiguiente su revolucion entera se hace en dos sentidos contrarios , respecto de los objetos que estàn dentro , ù fuera del globo: De donde se colige , que el agua contenida en el vaso , no recibe los dos movimientos de rotacion , como pudiera creerse , y como lo han pretendido algunos. Porque el movimiento se comunica del globo al fluido , que està dentro , por medio de la frotacion de su superficie interior ; pero aunque el globo circule con dos direcciones , los diferentes puntos de su superficie no describen circulos , que se corten en angulos rectos. Con que no hay que admirarse , que viniendo al hecho , los cuerpos ligeros solo muestren una tendencia al exe , como en las experiencias de una sola rotacion ; y no al centro de la esphera ; como se havia discurrido. Veanse las Memorias de la Academia de las Ciencias año de 1741. pag. 184.

Aunque las hypothesis, y experiencias, que acabamos de citar, no tengan la ventaja de explicar, de un modo que satisfaga, la causa de que los cuerpos sublunares tiren al centro de la tierra; sabemos, no obstante, sin la menor duda, que una materia fluida puesta en movimiento circular, puede precipitar, no solo à los cuerpos mas ligeros que ella, sino tambien à los que tienen mayor massa. Si este principio, hasta ahora incontestable, no se ha aplicado hasta aqui con la felicidad posible para decidir plenamente la question, no por esso hemos de desesperar que llegue un dia en que pueda serlo. Mas razonable me parece creer, que otros podrán hacer lo que no hemos hecho nosotros; que mirar como absolutamente imposible, lo que hemos intentado inutilmente.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Sobre las dos garruchas horizontales de la maquina de la *fig. 16.* se pondrán los dos portantes A, B. (*fig. 20, y 21.*) Las dos letras precedentes señalan dos caxitas, que corren con mucha libertad por dos alambres bien tirantes, y paralelos de la una extremidad del portante à la otra: el peso de las dos caxitas puede variar-se, metiendo dentro de ellas algunas redondelas

66 *Lecciones de Phisica Experimental.*

de plomo. C, D, son otras dos caxitas, que corren verticalmente entre dos alambres paralelos sostenidos, y tirantes en dos horquillas de acero; tambien puede variarfe el peso de las dos caxitas: estas se unen à las otras con dos cordones, por medio de dos garrúchas de comunicacion; de modo, que B no puede ir ácia la extremidad del portante, sin hacer subir otro tanto à la caxita D. Cada una de las dos primeras caxitas tiene por debaxo un muelle de poca fuerza, el qual corre sobre una vareta de metal, cuyos dientes estàn ras con ras con el del plano, è impide que la caxita no vuelva atrás, despues de acercarse à la extremidad de la vareta. El portante està dividido, desde el centro ácia los dos extremos, en pulgadas, y lineas, para arreglar el tamaño de la revolucion de cada caxa A, ò B, por el tamaño del rayo en cuya extremidad descansa.

Teniendo el mismo peso, así las dos caxas A, B, como las otras dos C, D; ponganse las dos primeras à quatro pulgadas de distancia del centro de sus portantes correspondientes, y háganse circular con iguales velocidades, pasando la cuerda por las gargantas de las dos garruchas horizontales, iguales entre sí.

E F E C T O S.

Primero: Una, y otra caja A, y B parten al mismo tiempo, y se dirigen ácia la extremidad de su portante, levantando la caja C, ò D, que le resiste.

Segundo: El mismo efecto sucede, si la caja A pesa el doble de la otra, puesta ésta à la extremidad de un rayo otro tanto mayor. Por exemplo: Si A pesa quatro onzas, y se coloca en el numero quatro; B, pesando dos onzas, se havrà de poner en el numero ocho.

Tercero: Pero si, siendo iguales los pesos, se pone una caja à quatro pulgadas de distancia, y la otra à ocho; esta ultima partirà, y la otra se quedará quieta, à menos que no se aumente el movimiento.

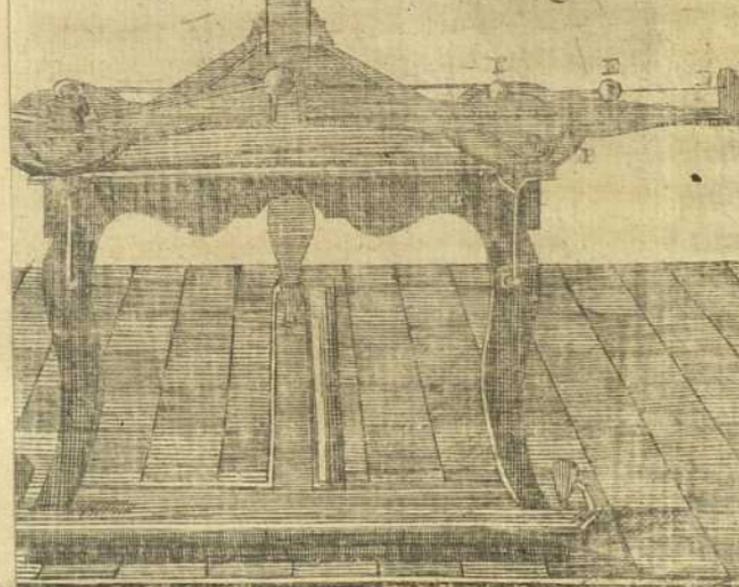
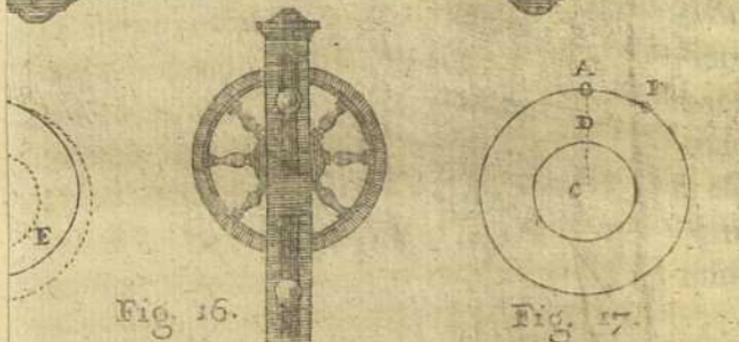
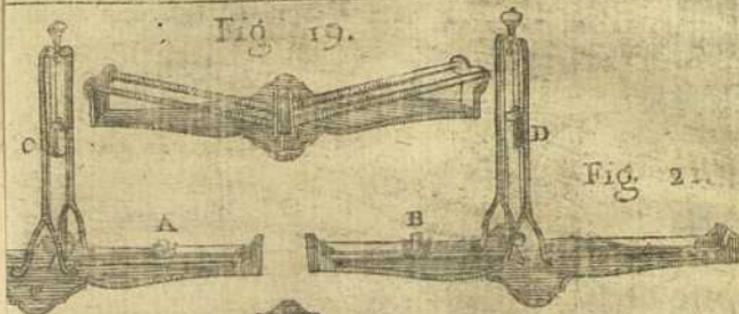
Quarto: Finalmente, estando todo dispuesto como en el caso precedente, si se quieren hacer partir al mismo tiempo las dos caxitas A, y B, no hay mas que doblar el peso de la que está à una distancia doble del centro; y de esta suerte el efecto sale bien.

E X P L I C A C I O N E S.

Arriba quedò dicho, que el valor de las fuerzas centrifugas dependia de tres cosas: de la massa del cuerpo que circula, de su distan-

cia al centro del movimiento, y del tiempo periodico de su revolucion. En las Experiencias que acabamos de citar, los tiempos periodicos son iguales, por ser del mismo tamaño las garruchas horizontales, en que están los dos portantes, de las cuales reciben éstos la accion del motor comun. El centro de cada portante es el centro de la revolucion, y por consiguiente el tamaño de ésta se regla por la distancia que se pone entre el centro, y la posicion de la caxita. La massa del móvil se conoce por el plomo de que se carga: y se puede conocer la cantidad de la fuerza centrifuga por el valor del peso C, ò D, que ella levanta, y que debe considerarse como una fuerza centripeta.

En el primero, y segundo caso parecen iguales las fuerzas centrifugas de los dos móviles, puesto que en el mismo instante levantan iguales resistencias. Y en efecto lo son; porque en el primer caso la massa, la distancia del centro, y el tiempo periodo son iguales en una, y otra parte: en el segundo son diferentes las distancias à la verdad, pero como están en razon reciproca, la una recompensa à la otra. Porque queda dicho, y probado, que la fuerza centrifuga aumenta tanto por la velocidad, como por la massa: ahora pues; la velocidad depende aqui de la distancia del centro, puesto que los tiempos periodicos son iguales: aqui hay dos móviles, uno de los cuales describe un circulo do-
ble



Cont. f.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

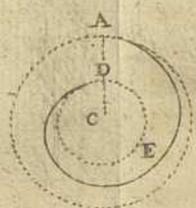
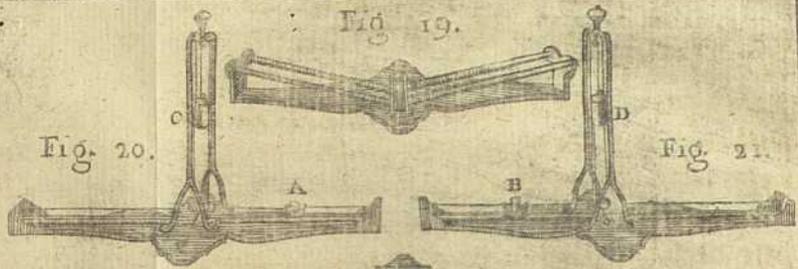


Fig. 18.

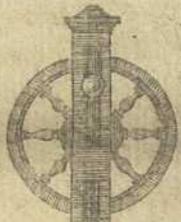


Fig. 16.

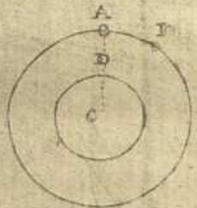
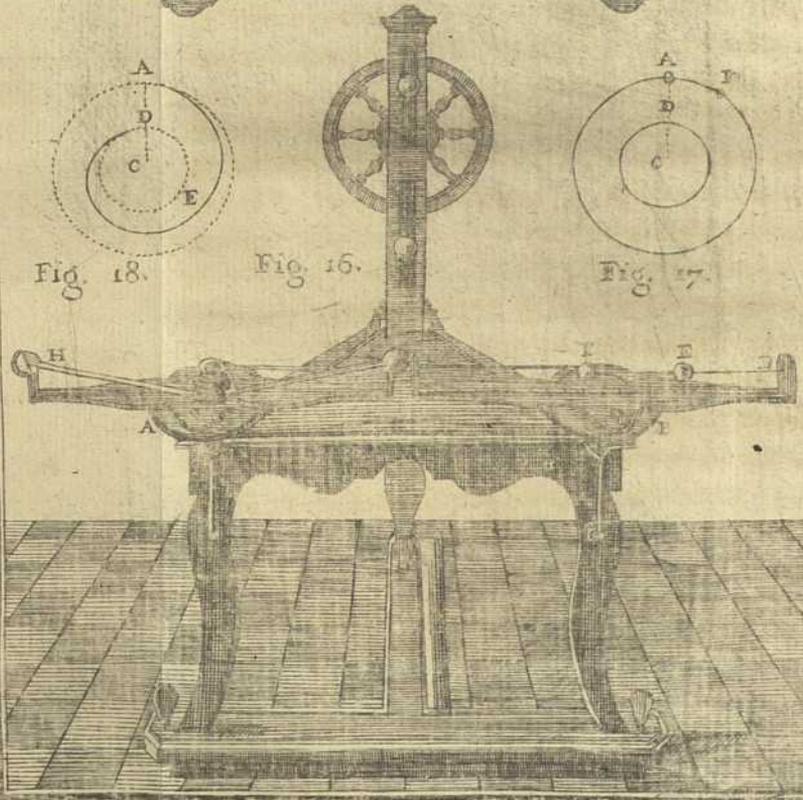
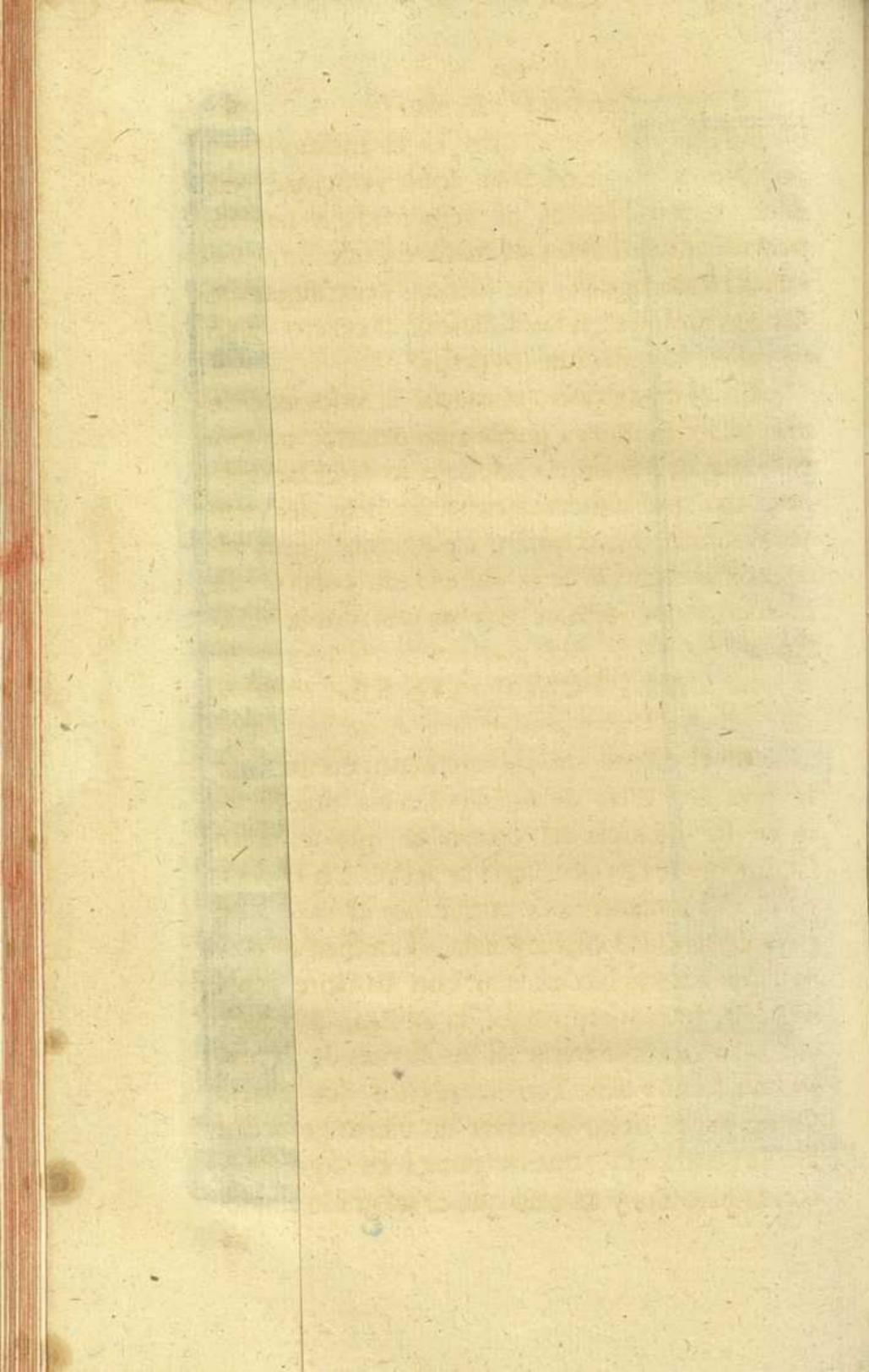


Fig. 17.



Canis f.



ble del que describe el otro en el mismo tiempo. No es esto ir con una doble velocidad? Sin duda. Y así, si dos de velocidad, y uno de massa equivalen à dos de massa, y uno de velocidad, seràn iguales las fuerzas centrifugas de los dos móviles, si las distancias al centro estàn en razon reciproca de sus pesos.

En el tercer caso, es mayor la velocidad de uno de los móviles, puesto que describe un círculo mayor, mientras el otro lo describe menor: con que la fuerza centrifuga debe ser mayor tambien. En el quarto caso vemos, que este exceso sigue al de la velocidad, puesto que la fuerza que resulta tira de una doble resistencia.

APLICACIONES.

Si el diente de la vareta no contuviese la caja A, ò B, de la Experiencia precedente en la distancia del centro en que se puso; facilmente se concibe, que la pesa C, ò D tiraría de ella, haciendola correr por el rayo, en cuya extremidad estaba puesta. Tambien es claro, que haciendola circular con bastante rapidèz, la fuerza centrifuga la obligar à seguir una direccion contraria, si los dientes de la vareta no lo impiden. Pero entre estos dos excesos no puede dexar de haver un cierto grado de fuerza centrifuga, que se ponga en equilibrio con el peso D; y en caso que el tal grado pudie-

ra subsistir, no hay duda que el móbil continuaria sus revoluciones sin acercarse, ni alexarse del centro.

Esto se hace evidente, si trahemos à la memoria el tercer caso de la primera Experiencia. Dos bolas de marfil de igual peso, atadas una à otra con un hilo, y puestas à iguales distancias del centro de su movimiento, se ponen recíprocamente en equilibrio, y no mudan de sitio, por muy grande que sea la velocidad con que circulan. Siendo iguales las massas, solo pueden aumentar por la velocidad sus fuerzas centrifugas; pero mientras se mantuvieren en el mismo circulo, no puede aumentarse la fuerza centrifuga de la una, sin que al mismo tiempo se aumente otro tanto la de la otra; y así sus fuerzas siempre son iguales, y directamente contrarias. En qualquier instante, pues, que se considere uno de estos móviles, siempre se halla en equilibrio entre su fuerza centrifuga, y la de su antagonista; y en esta igualdad de fuerzas consiste, el que constantemente se mantengan à la misma distancia, ò que sus revoluciones siempre sean semejantes entre sí que es lo mismo.

Segun estos principios deben explicarse los movimientos de los cuerpos Celestes. Si la Luna circula al rededor de la tierra, y los demás Planetas al rededor del Sol, siendo tan arregladas sus revoluciones, que un Astronomo puede llegar à pronosticar con bastante exactitud su tiempo,

po, y duracion; esto nace de que todos estos Astros tienen dos potencias, que al mismo tiempo tiran à moverlos: por un lado, la fuerza centrífuga, que nace de su movimiento circular, tira à separarlos del centro de esta revolucion; por el lado opuesto los sujeta una fuerza centripeta, cuya existencia confiesan todos los Philosophos, aunque no estèn muy conformes sobre la naturaleza de su causa. Si llegàra à faltar la accion de una de estas dos fuerzas, vendrian à precipitarse al centro del mundo estos desmesurados cuerpos, ò bien irian à perderse entre los inmensos espacios de los Cielos. Pero no tengamos semejantes miedos, y no nos detengamos en ficciones vanas. Su Autor, sobradamente sabio para disponer el Universo, como està dispuesto, no ha dexado de mirar por la duracion de sus Obras, estableciendo leyes, con cuya infalibilidad hemos de contar siempre.

Aqui no nos estenderèmos mas sobre la aplicacion que puede hacerse de las fuerzas centrífugas à los movimientos de los cuerpos Celestes; porque de esto trataremos à parte en la Leccion del Systèma general del mundo.

Despues de haver dado à conocer el origen de las fuerzas centrales, y el modo de valuarlas, pudiera examinar las diferentes proporciones que pueden tener entre si, y todas las especies de lineas curvas que pueden nacer de sus variaciones; pero estas questiones no pueden tra-

tar-

tarfe, como se debe, sin servirse de demonstraciones geometricas, que no entenderia la mayor parte de aquellos para quien escribo. Fuera de que esto seria passar los limites que me prescribi al principio, en unas Lecciones, que solo he pretendido dàr por via de experiencia. Con que irè ligeramente por lo que mira à este articulo, y me contentarè con hacer entrevèr por puro mecanismo los efectos que deben producirse, quando las fuerzas centrifugas, y centripetas no guarden la misma proporcion, durante una sola, ò muchas revoluciones succesivas.

Para tomar una idèa de las figuras diferentes, que puede recibir la curva de la revolucion por estas variaciones, tomèmos un hilo, y atemosle por las extremidades. Por un lado se contendrà con un arfiler clavado perpendicularmente en qualquier plano; por el otro se estirà con la punta de un lapiz, como està en la *fig. 25*. El lapiz serà el mòbil; el esfuerzo empleado para tener el hilo tirante denotarà la fuerza centrifuga; y el tamaño del hilo, ò mas bien la distancia que havrà constante entre el lapiz, y el centro, representarà la fuerza centripeta.

Es evidente, que si se hace dàr una vuelta al lapiz al rededor del arfiler, teniendo siempre el hilo à igual distancia, la linea de su revolucion serà un circulo; puesto, que durante todo el

tiem-

tiempo de su movimiento ha estado el lapiz à la extremidad de un rayo de un mismo tamaño. Y con razon se juzgarà , que un móvil hace una revolucion circular perfectamente , quando no varian sus fuerzas centrales , mientras se mueve.

Pero si se varia la distancia , mientras que el lapiz dà la vuelta , haciendo tomar al hilo la forma de un triangulo , como *a, d, c*, (*fig. 25.*) ò de otro modo qualquiera ; entonces la linea de la revolucion , en vez de ser la circunferencia de un circulo , como antes , serà otra curva , como *bc*, cuya naturaleza dependerà de las proporciones que huviere entre los grados de encogimiento del hilo , y sus duraciones. Por este efecto se vè , que un móvil , cuyas fuerzas centrales varian entre sî , mientras dura su revolucion , describe una curva relativa à la variacion de sus proporciones : de aqui pueden sacarse las consequencias siguientes.

Primera : Si las proporciones , que se varian en el tiempo de la revolucion , vuelven à su primer estado , antes que se acabe del todo ; la curva , que describe el móvil , sea la que se fuere , volverà à entrar en sî misma ; y si las proporciones de las fuerzas varian despues , como variaron al principio , la segunda revolucion serà perfectamente semejante à la primera , &c.

Segunda : En caso que no vuelvan à su primer sér las proporciones , y que la fuerza centri-

74 *Lecciones de Physica Experimental.*

peta v. g. sea mas débil al principio de la segunda revolucion, que al principio de la primera, la curva no será entonces *rentrante*; alexandose el móbil del centro de su movimiento, irá describiendo varias espirales, mas, ò menos regulares, segun el aumento de la fuerza centrífuga, y la diminucion de la centripeta.

Para dár finalmente un exemplo de las curvas regulares, que pueden resultar de la variacion de las fuerzas centrales, en vez de tener el hilo atado en un solo punto, atemoslo à dos alfileres F, f , (*fig. 26.*) y hagamos que el lapiz se mueva siempre, de modo, que el hilo esté tirante quanto sea posible: por su revolucion entera tendrèmos una especie de ovalo, que los Geometras llaman *Elipse*. El carácter principal de esta curva es, que dos lineas tiradas de los puntos F, f , (que se llaman *Focos*) à qualquier punto de la circunferencia, como FG, fG , ò FL, fL , que estas dos lineas, digo, juntas una con otra sean iguales al exe mayor HI .

Un móbil, pues, describe una *Elipse*, siempre que por las variaciones de las fuerzas centrales se disminuye, ò aumenta regularmente su distancia à uno de los focos F , ò f , como las lineas FH, FM, FG , &c; y *vice versa*, quando se vè, que describe una curva semejante, se puede inferir legitimamente, que sus fuerzas centrales se van disponiendo en las proporciones convenientes para ponerlo sucesivamente

Fig. 24.

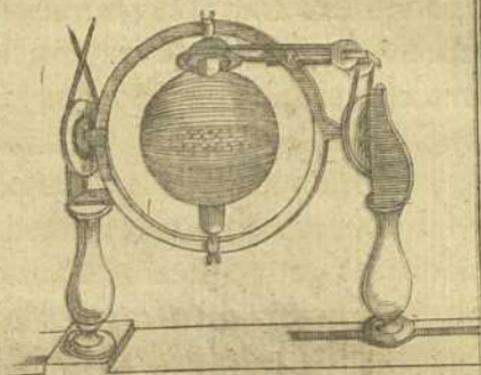


Fig. 22.



Compt.

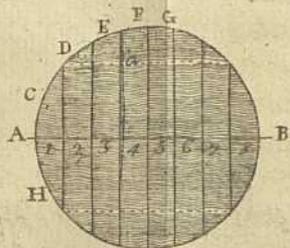


Fig. 23.

Fig. 24.

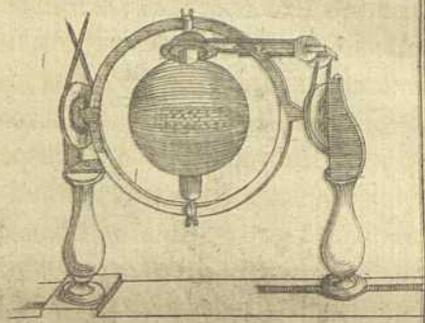
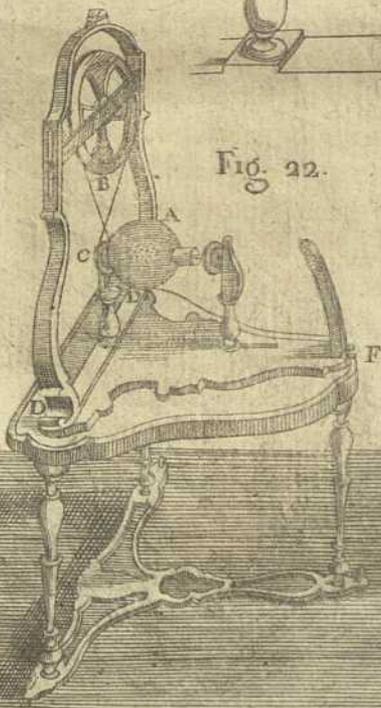
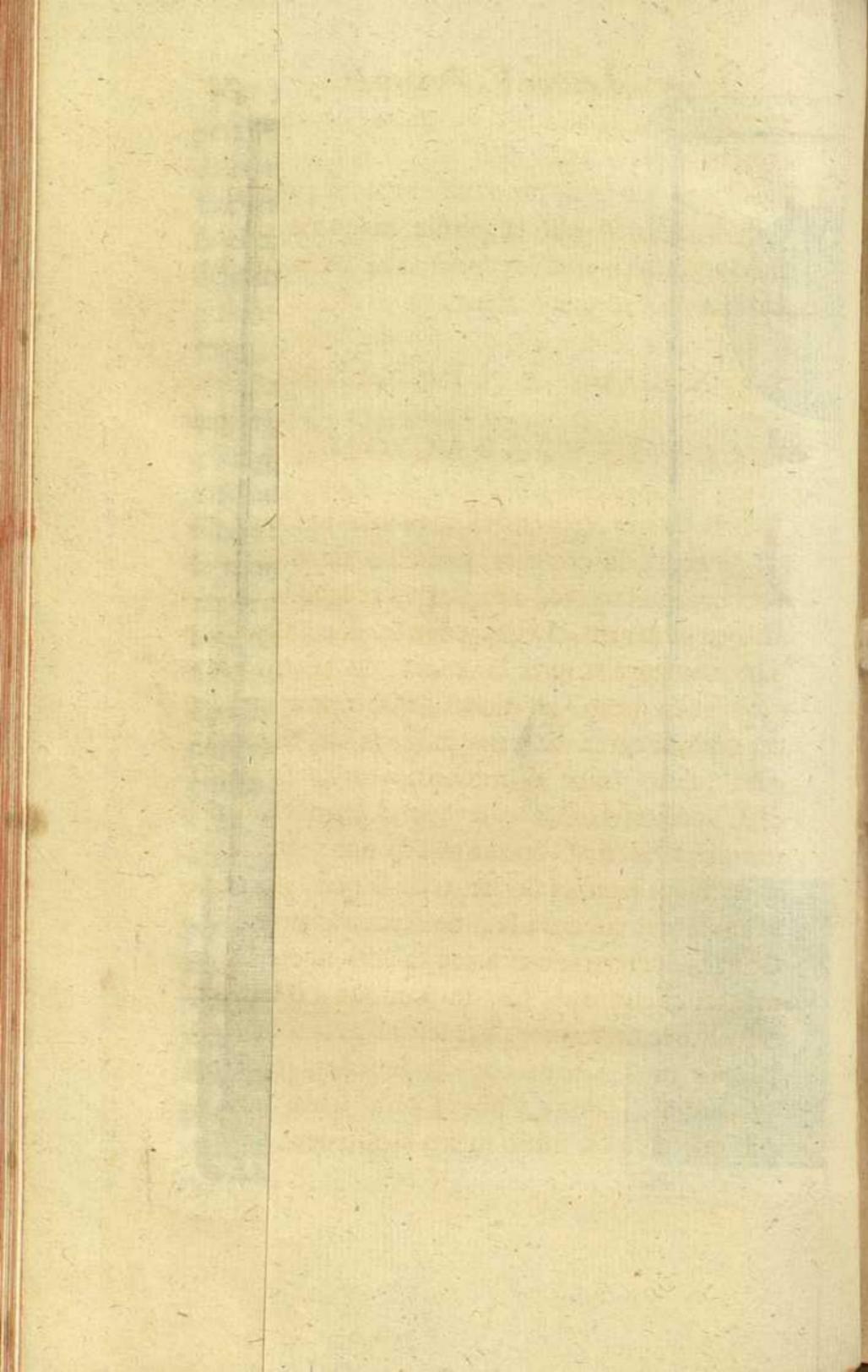


Fig. 22.





en todos los grados de distancia, de donde dicha curva procede.

Estos diversos movimientos se executan muy bien, aun con la misma maquina de que nos servimos arriba, representada en la *fig.* 16. añadiendole lo que se sigue.

S E X T A . E X P E R I E N C I A .

P R E P A R A C I O N .

LA *fig.* 27. representa una tabla redonda de cerca de dos pies y medio de diametro, con un agujero redondo de tres pulgadas de ancho en el centro. Dicha tabla se sujeta bien, y paralelamente sobre la mesa de la maquina (*fig.* 16.) pero de modo, que entre una, y otra quede cerca de una pulgada de distancia, para dexar libre el movimiento de la garrucha horizontal A, ò B: en el centro de esta garrucha se fixa con tornillos una especie de regla recorxada, à lo largo de la qual corre libremente una caxita R, de cerca de dos onzas de peso; debaxo de esta caxita està sujeto un lapiz. En el punto S hay un tambor, ò barrilete armado de un resorte, y que tira àcia sî la caxita R, por medio de un cordon de seda, atado por una punta al lapiz, y por la otra liado con varias vueltas à un usillo sujeto al barrilete.

EFECTOS.

Puesta en movimiento la garrucha horizontal, se mueve tambien la regla; y mientras que ésta dà vueltas, la caxita corre del punto *r* al punto R; y sobre un carton, que està encima de la tabla, delinea el lapiz una espiral, que empieza en *r*, y acaba en R.

EXPLICACIONES.

La caxita R, al dàr vueltas, recibe una fuerza centrifuga: luego que ésta llega à exceder la potencia del resorte, que contiene al móvil, empieza éste à alexarse del centro de su movimiento: y và por la regla en linea recta; pero al mismo tiempo se mueve esta linea recta, y todos los puntos, de que se compone, describen otros tantos circulos concéntricos. Así, passando el móvil por todos los puntos de esta linea, al fin de cada revolucion se halla en la circunferencia de un circulo mayor, que el otro en que se hallaba al comenzarla: y de este doble movimiento nace la espiral que queda trazada en el carton, al hacer la experiencia.

APLICACIONES.

Todos los cuerpos que dan vueltas con otros, en quienes prevalece la fuerza centrífuga, vienen à parar al centro del movimiento por una línea semejante à la que acabamos de describir. La gota de aceyte del globo lleno de agua, la paja que dà vueltas con el grano para separarse de èl, los cuerpos que nadan sobre el agua, quando ésta circula, &c; todos estos móviles, pues, no vienen al centro comun por una línea recta; sino siempre dando vueltas, de modo, que la línea curva, que describen, se va estrechando mas, y mas, y la extension de sus revoluciones llega à disminuir hasta zero. Lo mismo es esto, que llegar al centro por una línea espiral.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Para esta Experiencia todo queda dispuesto como estaba en la precedente; solo en lugar del barrilete S, se pone una garruchita, que dà vueltas horizontalmente; y en el punto T (*fig. 28.*) hay otra garruchita con el eje tambien vertical. Debaxo de la caxita V hay otra garrucha, que dà vueltas sobre el lapiz: y

todas tres garruchas quedan abrazadas con un hilo atado por los dos cabos, como en la *fig. 25.*

E F E C T O S.

Llegando à moverse la regla con una velocidad suficiente, el móvil V describe exactamente la Elipse T V X, la qual tiene los focos en T, Y; y si el móvil dà muchas vueltas, siempre passará por la misma linea.

E X P L I C A C I O N E S.

La fuerza centrifuga del móvil tiene tirante al hilo, quanto le es posible; pero estando fixos los dos puntos T Y, su distancia al punto Y disminuye, y aumenta successiva, y regularmente como la del lapiz en el punto F de la *fig. 25.* Por esso su revolucion se hace exactamente por una linea semejante à la de esta figura. Y siendo las circunstancias siempre las mismas, prosigue el móvil su movimiento en la misma Elipse en todas las revoluciones siguientes.

El conocimiento de la Elipse, y de sus principales propiedades es muy necessario; porque todos los cuerpos celestes hacen sus revoluciones, describiendo esta especie de curvas. La Astronomia, hoy mas ilustrada que en tiempos passados, no admite yà aquellos circulos ex-



Fig. 25.

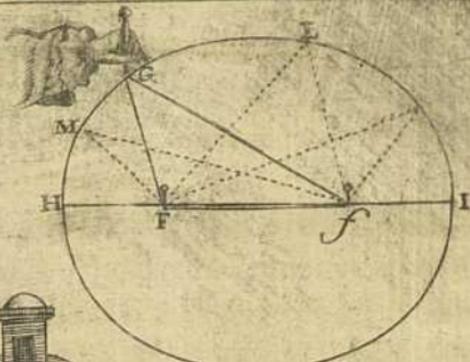


Fig. 26.

Fig. 28.

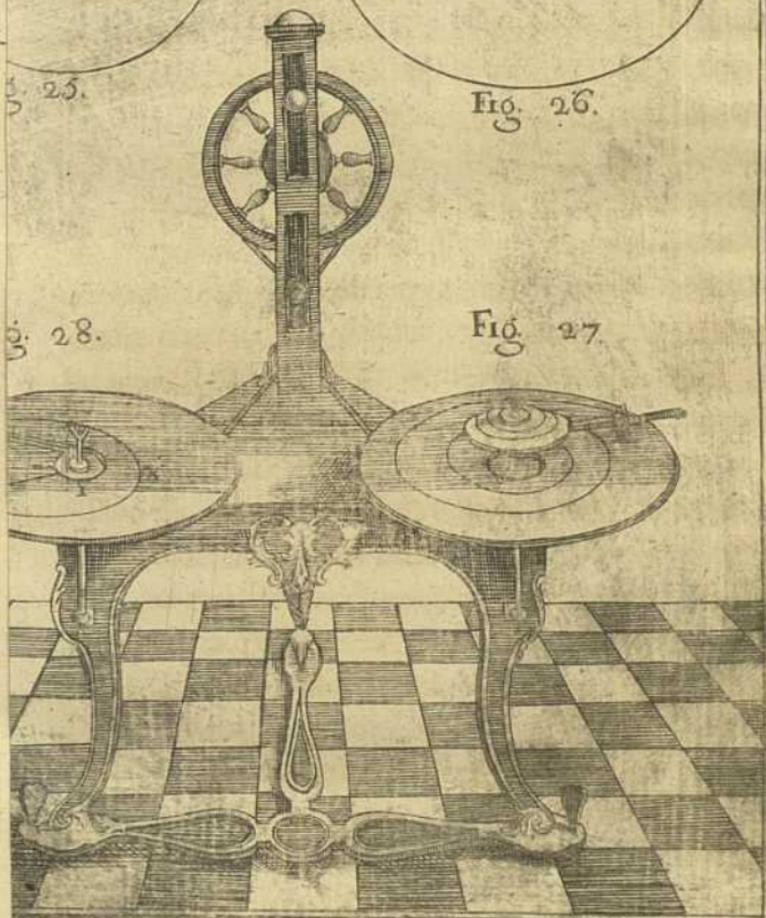


Fig. 27.

Goussier f^t

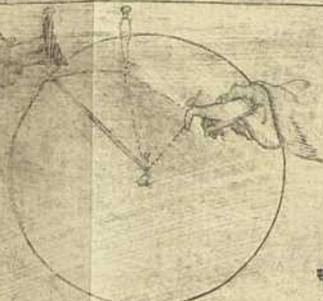


Fig. 25.

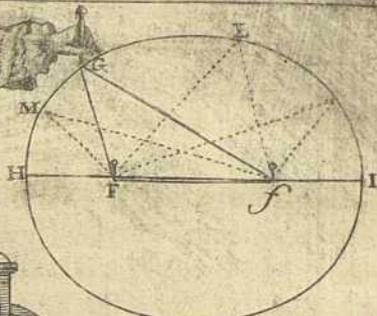


Fig. 26.

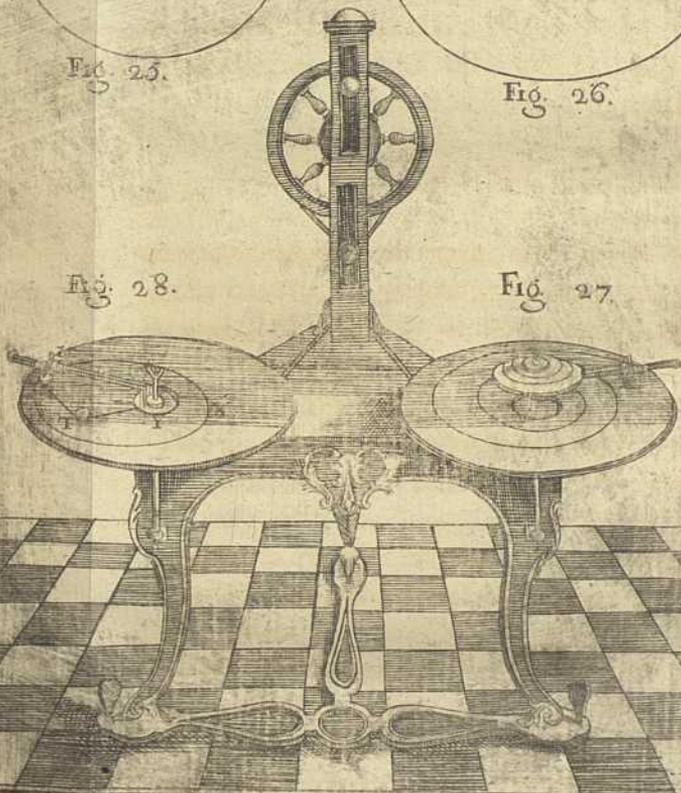
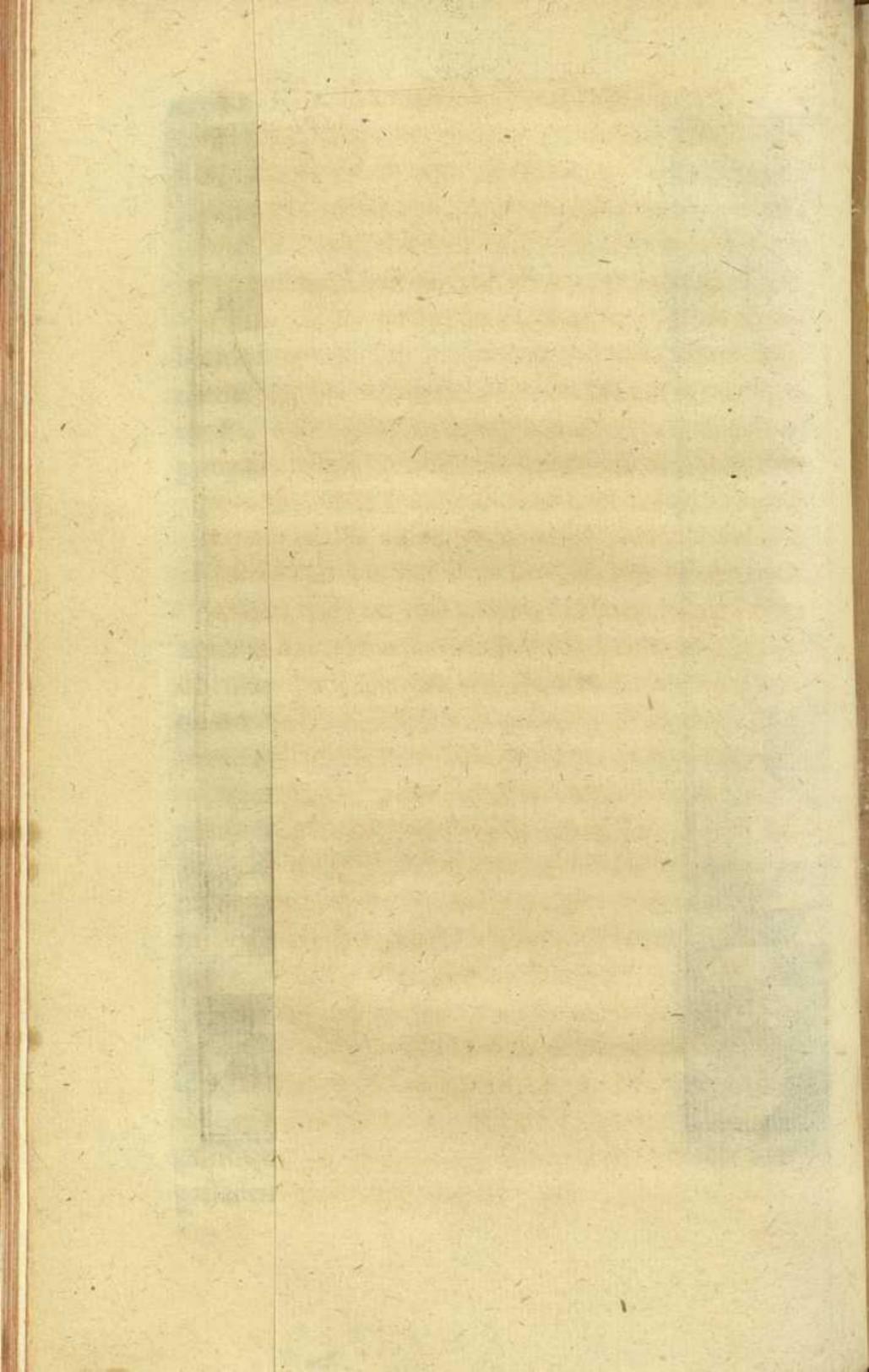


Fig. 28.

Fig. 27.

Goussier f^t



céntricos, à que era preciso recurrir para explicar ciertas variaciones, que yà há mucho se observan en las distancias de los Astros. Es opinion casi universalmente recibida hoy dia, que las *Aphelias*, y *Perihelias* de los Planetas Primarios, y el *Apogèò*, y *Perigèò* de la Luna, son consecuencias necessarias del movimiento eliptico. Pero no nos adelantemos à decir aqui lo que diremos en otra parte tocante à los movimientos de los cuerpos celestes. Contentemonos con haver apuntado los principios, de que nos serviremos, quando el orden de las materias exija la explicacion de la forma, de la duracion, de las proporciones, &c. de estas revoluciones; y procurèmos indicar sus causas physicas.





LECCION VI.

DE LA GRAVEDAD DE LOS cuerpos.

Llamase *gravedad* aquella fuerza que obliga à los cuerpos à caer de arriba abaxo, quando no hay impedimento, ò quando éste no es suficiente para estorvar la caída.

De ningun modo convienen entre sí los Philosophos sobre la causa de esta fuerza. En dos classes pueden dividirse las diversas opiniones, que han nacido de esta question. La primera es, de los que miran la gravedad como un principio de la naturaleza, como una qualidad inherente, y primordial de los cuerpos, que puede no tener mas causa, que la libre voluntad del Criador; y esto es arrancar de una vez la raíz à las dificultades. La segunda es, de los que quieren que esta fuerza sea el efecto de alguna materia invisible. Pero es preciso confesar, que las pruebas, en que se fundan estas opiniones, han estado, y están expuestas à grandes objeciones, à las quales no parece se ha

ha respondido hasta ahora con toda satisfaccion.

Decir con Aristoteles , y sus Sequaces , que quando caen los cuerpos de alto abaxo , obedecen à un principio , que los obliga à caer , es no decir cosa alguna , que pueda ilustrar al entendimiento.

Mirar con Newton la gravedad de los cuerpos sublunares , como consecuencia natural de una general gravitacion , que se observa en toda la naturaleza , y cuyas leyes reduxo el mismo al cálculo mas exacto ; es abandonar la causa por seguir el efecto.

Querer con la mayor parte de los Newtonianos de hoy dia , que esta gravedad de los cuerpos , que nos rodèan , no sea mas que un exemplo particular de una tendencia , ò *atraccion* recíproca , que todos los entes materiales tienen naturalmente entre si por sola la voluntad de Dios ; es introducir en la Physica una novedad , que tuvo muy presente Newton , y otros varios Philosophos (*) antes que el ; pero novedad , que no quiso se le imputasse , si se ha de dàr credito à sus palabras. (**)

Atribuir tambien , como Gassendi , la caída de los cuerpos à ciertos esfluvios de una materia

Tom. II. L que

(*) Kepler, Irenicle, Roberval.

(**) *Philos. Natur. princ. Mathem. tom. I. pag. 11.*
Edit. Genev.

82 *Lecciones de Physica Experimental.*

que obra como la del imàn ; sería indicar una causa muy obscura , muy vaga , y sin el menor fundamento de su existencia.

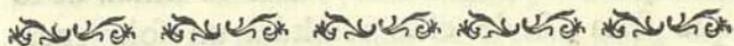
Finalmente yà hemos visto , hablando de las fuerzas centrales , quál fuè el parecer de Descartes sobre esta question , los defectos de su hypothèsi , y lo que varios Authores han dicho para hacerla verisimil , y defenderla. Y todo bien considerado , parece , que los que quisieren hallar una explicacion de la causa physica de la gravedad , que satisfaga , y que se entienda , no han de buscarla en ninguna de las Obras hasta ahora conocidas.

Atengamonos , pues , à los phenomenos ; si la causa se oculta à nuestra curiosidad , mucho tenemos en que desquitarnos con el conocimiento de los efectos. Quanto mas incierta es aquella , tanto mas incontestable es éste ; siendo no menos util , que curioso , quanto podemos aprender de èl.

Antes de Galilèo , esto es , havrà cerca de un siglo , se sabìa muy poco de las leyes de la gravedad. Los descubrimientos mas importantes hechos sobre esta materia , se deben à este Philosopho Italiano. Todos los Sabios generalmente han recibido su theorica ; y sobre estos fundamentos trabajaron despues con tanta aprobacion , y aplauso Hughens , Newton , y Mariotte. En esta Leccion no es mi intento decir todo lo que han enseñado estos grandes hombres,

bres, tocante à la gravedad; el emprenderlo sería passar los limites, que me prescribi al principio. En sus Libros mas que en otra parte se ha de estudiar esta materia. Siguiendo siempre el plan que propuse al empezar el Curso, escogerè las proposiciones mas importantes, y procurarè fundarlas en la experiencia.

Primero hablarè de los efectos que nacen de sola la gravedad; y despues de aquellos, en que esta fuerza éntra como causa parcial.



SECCION PRIMERA.

DE LOS PHENOMENOS

que resultan en el móbil, quando solo obra en èl la gravedad.

NO se han de confundir estas dos palabras, *gravedad*, y *peso* tomadas en sentido absoluto; esto es, quando lo que por ellas se exprime, se entiende de un cuerpo solo, sin respecto, ò comparacion à ningun otro. Por *gravedad* ha de entenderse la fuerza que obliga à los cuerpos à baxar, y que los determina à correr de alto à baxo un cierto espacio en un tiempo determinado. Por *peso* entendemos

la suma de las partes graves, que se contienen en el mismo volumen.

La gravedad pertenece igualmente à todas las partes de un mismo cuerpo; y no aumenta, ni disminuye, yà estèn las partes separadas, yà estèn unidas; pero el peso de un cuerpo varia à proporcion de la cantidad de materia, de que se compone. Dexense caer al mismo tiempo dos onzas de plomo; las dos bajaràn con la misma velocidad, yà estèn unidas entre si, yà separada la una de la otra; pero el peso de una de ellas solo es la mitad de lo que serìa, si de ellas resultàra un solo cuerpo.

Hablando, pues, exactamente, se puede decir, que es igual la *gravedad* de dos cuerpos uno menor que otro, aunque el *peso* sea distinto, porque uno, y otro corren de arriba abaxo con la misma velocidad.

Pero quando se comparan entre si dos materias, por lo que mira à sus pesos, y se toma por termino de comparacion un volumen determinado; (como quando se compara v. gr. una pulgada cubica de agua con otra pulgada cubica de mercurio) entonces el peso comparado se llama *gravedad especifica*; esto es, la cantidad de partes graves que pertenece especialmente à tal, ò tal materia baxo un volumen determinado. Y asì se dirà por exemplo: la gravedad (entendiendo siempre *especifica*)

del

del agua es respecto de la de mercurio , como uno à catorce , para decir , que el mercurio pesa catorce veces tanto como el agua , siendo igual el volumen. Al fin de la Hydrostatica darèmos una tabla de las gravedades especificas de las materias mas vulgarmente conocidas ; pero antes de llegar à este examen , todo quanto dixeremos se ha de entender de la gravedad absoluta.

Aunque no pueda decirse , que la gravedad es esencial à la materia , puesto que ésta puede concebirse sin esta inclinacion ácia el centro de la tierra ; no obstante , una larga , y continuada experiencia no nos dà lugar de creer , que , entre todos los cuerpos que conocemos , haya alguno essento de esta propiedad. Los Philosophos que creyeron , que havia cuerpos naturalmente ligeros , se engañaron por las apariencias , y mas haviendoseles ocultado varias cosas , que se han descubierto despues. Los cuerpos que ellos vieron moverse de arriba abaxo , como los vapores , el humo , la llama , &c , solo afectan esta direccion , contraria à la de la gravedad , porque se hallan en ciertas circunstancias , que los obligan à ello. Si se impiden estas causas , presto se veràn caer , como los otros , probando con su caida , que pesan como ellos , y que siguen la misma direccion.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POngase en la platina de la maquina Pneu-
matica , un cabo de vela de sebo , en-
cendido , ò un pedacito de papel empapado
en un licor compuesto de estaño , y de mercu-
rio , que humèa mucho : cubrase con un re-
cipiente cylindrico de vidrio , de quatro pulga-
das de diametro , y cerca de un pie de alto ; sa-
quese el ayre lo mas presto , y mas exactamente
que se pueda. (Vease la *fig.* 1.)

EFECTOS.

Sacada una cierta cantidad de ayre , se apa-
ga la vela : y llegando el ayre à un grado sufi-
ciente de rarefaccion , el humo de la mecha , ò
el vapor que se levantaba del papel , cae , como
los cuerpos graves , en la platina de la maquina,
y se extiende sobre ella.

EXPLICACION.

No pudiendo subsistir la llama en un ayre
demasiadamente rarefacto , por razones que
despues diremos ; se apaga la vela , luego que
se disminuye lo denso del que està en el reci-
pient-

piente; pero en llegando la rarefaccion à cierto grado, no solo no prosigue levantandose el vapor, sino que el que estaba yà en la parte superior del recipiente, se precipita; porque quedando específicamente menos pesado el fluido que lo cerca, ni puede obligarlo à subir, ni oponerse eficazmente à que cayga. Este principio necessita de reflexion, y conviene no pasar por èl ligeramente, pues de èl depende una infinidad de phenomenos de esta especie. Examinemos, pues, por menudo lo que sucede en esta Experiencia, y veamos cómo varian de gravedad el ayre, y el humo respectivamente entre si.

Materia rarefacta es aquella, que, baxo un volumen determinado, no contiene tantas partes propias, como contenia antes de la rarefaccion. Despues de haver baxado, y subido el émbolo varias veces, queda reducido à menor numero de partes el ayre del recipiente, sin perder nada del volumen; porque el recipiente siempre queda lleno; luego cada porcion tomada à voluntad en el vaso contiene menos particulas de ayre; ò bien las partes de ayre, que la componen, estàn mas apartadas unas de otras de lo que estaban antes de la rarefaccion. Con que una vez que el peso viene del numero de las partes materiales, pesará menos una linea cúbica de este ayre rarefacto, que una linea cúbica del mismo ayre no rarefacto. Lo que se

di-

dice de este volumen diminuto, se ha de entender de una série de iguales volumenes puestos unos sobre otros en forma de columna : de donde facilmente se colige , que si la massa de ayre contenida en el recipiente està dividida en un cierto numero de columnas semejantes , cada una de ellas pesará mas , ò menos , à proporcion de la rarefaccion de la massa total.

El humo , ò vapor , que tiene su origen en el fondo del vaso , puede considerarse tambien como compuesto de varios volumenes , de cuya série resulta una columna ; y comparando un volumen de vapor con un igual volumen de ayre , se vè claramente , que el que tuviere mayor numero de partes pesadas , tendrá mas fuerza para tomar el sitio mas baxo , ò para no salir de èl.

El ayre , pues , en su estado natural levanta los vapores , el humo , la llama , &c. porque pesa mas à igual volumen ; pero quando se enrarece ; esto es , quando se disminuye el numero de las partes pesadas de este igual volumen , ya no puede levantarlos , ni aun puede sostenerlos , y por consiguiente los vapores estendidos en el vaso , hallandose menos pesados , respecto del ayre , que ha variado de densidad , logran su vez , y lo echan à un lado por su gravedad natural.

APLICACIONES.

De quantos cuerpos hay en la superficie de la tierra, se están desprendiendo continuamente varios corpusculos; los quales, separados de la massa, de que eran parte, se esparcen, y levantan en la atmosphaera, hasta que ciertas circunstancias los determinan à caer otra vez. Estos corpusculos conocidos con el nombre de *vapores*, y *exhalaciones*, son el objeto, y materia de una infinitad de phenomenos admirables, prodigiosos, y necesarios para la conservacion de nuestra vida. En otra parte trataremos de las diversas formas que toman, y de sus efectos principales; aqui solo hablaremos de sus movimientos; esto es, del modo con que se levantan, y vuelven à caer; à lo qual nos conduce naturalmente la Experiencia, que acabamos de explicar.

Esta question puede reducirse à quatro capitulos principales. Es à saber. Lo primero: cómo estos corpusculos se desprenden de sus massas. Lo segundo: la causa que los obliga à levantarse. Lo tercero: el modo con que se sostienen en el ayre à una cierta altura. Lo quarto en fin, por què llega el caso de que vuelvan à caer sobre la superficie de la tierra.

Por lo que mira à lo primero, la opinion mas recibida es, que sobre nuestro globo, y den-

tro de èl , reyna un cierto grado de calor , que conserva en movimiento las pàrtes insensibles de todos los cuerpos. Este movimiento (dicen) determina las pàrtes mas sutiles , y por tanto las mas mobibles , à separarse de la massa comun ; como visiblemente se nota en la superficie del agua al calentarse , y en las frutas , y viandas al cocerse.

Es muy verisimil , que el calor natural , ò artificial sea la causa principal de este efecto ; pero quando se advierte , que la evaporacion no disminuye siempre como el calor , es dificil persuadirse , que fuera de èl no hay otra causa. En los Inviernos mas rigurosos se vè tal vez , que de un dia para otro desaparece la nieve , que cubria la superficie de la tierra ; y la experiencia ha enseñado à varios Physicos muy hábiles , que el yelo disminuye considerablemente en el ayre mas frio , y menos expuesto à los rayos del Sol.

No sè si ferà preciso decir , (segun la opinion de un Autor (*) muy versado en la Physica Experimental) que el yelo tiene un principio interno de dilatacion , el qual , ni es la materia del fuego , ni el grado de calor , que pudo conservarse en èl ; sino la mezcla de otra materia subtil , que causa en èl una especie de fermentacion.

(*) Muschenbroek dans ses Comment. sur les exper. de Florence, 1. p. pag. 137. edit. de Leide 1731.

No sería mas facil atenerse à los principios conocidos, y confessados por todos los Phycicos, diciendo, que quando no se pudiere atribuir la evaporacion à sola la accion del fuego, se busque la causa, yà en el tamaño de las superficies, yà en su estado, ò yà en la naturaleza del fluido ambiente, respecto de la de los cuerpos que se evaporan? Porque (supuesto igual todo lo demàs) es cierto, que un *cubo* de yelo expone al ayre una superficie seis veces mayor, que la del agua de un vaso, cuya boca sea igual à uno de los lados de dicho *cubo*: luego las partes evaporables tienen seis veces mas libertad para desafirse de la massa.

Pero supuesto que las superficies sean iguales, à lo menos en la apariencia, no es muy creible, que el ayre puede hacer mas presa en las partes del yelo, que en las del agua? Lo mismo sucede en este fluido, que en qualquiera otro. Al passo que se vâ acercando à la congelacion, empieza su *fluidèz* à disminuir por grados. Las partes empiezan à disponerse en pelotones antes de travarse entre si. Y si el yelo no fuera mas que esta conjuncion de massas, ò compuestos diminutos, menos finos que las partes del agua, su superficie áspera (si no à nuestros sentidos, à lo menos à un contacto proporcionado à lo delicado de sus desigualdades) daría mas presa al ayre que la toca, à lo que yo júzgo.

Si esto es solo conjetura respecto del yelo,

no puede negarse, que sea evidencia respecto de la nieve. A la primera vista se nota, que su superficie es una junta de moléculas ligeras, y abiertas (por decirlo así) por todas partes; y esta ligereza es tanto mayor, quanto es mas frio el tiempo, en que la nieve se forma.

Pero qué ventaja se sacará de este aumento de la superficie para explicar el efecto de que se trata? Suponiendo que la massa de ayre, que rodea los cuerpos, pueda contribuir à la evaporacion, prescindiendo del grado de calor, que dicha massa puede comunicarles; no hay duda, que la accion del ayre sobre los cuerpos será tanto mayor, quanto sea mayor la extension de la superficie en que ella se exerce, ò quanto sea menor el numero de partes por donde estos cuerpos estèn unidos con la massa comun. Se puede, pues, decir en general, que las mismas partes de un cuerpo (v. g. del agua) estàn tanto mas dispuestas à exhalar, quanto estàn mas separadas entre sí; y por consiguiente la nieve, ò qualquiera otra congelacion de esta especie, puede evaporarse tanto, y quizás más, que el agua contenida en un vaso.

Pero, preguntará alguno, qué puede hacer el ayre exterior con estas partículas casi separadas del todo?

No solo le será mas facil desprenderlas de la massa, hiriéndolas por uno, y otro lado, sino que para levantarlas directamente se servirá de

los mismos medios, que las obligan à subir, quando estàn del todo desprendidas.

El exceso de su gravedad es el medio mas conocido, y recibido mas generalmente. Comunmente se dice, que siendo estos corpusculos, de que se forman los vapores, y exhalaciones, menos pesados que el ayre ambiente, se levantan en nuestra atmosphaera, (como se levantò el humo de nuestra experiencia en el ayre del recipiente) y suben de este modo hasta la region media, en donde llegan à hallarse en equilibrio con un ayre mas raro. La dificultad ha estado siempre en dâr à entender, cómo las partes evaporadas de los cuerpos terrestres pueden adquirir esta ligereza respectiva, capaz, no solo de levantarlos sobre el ayre, sino tambien de vencer la resistencia del frotamiento, que se opone à que suban: siempre ha sido dificil concebir, cómo el agua, v. g. puede llegar à ser mas ligera que un fluido, que, à igual volumen, pesa casi ochocientas veces menos que ella.

Si estas partes se suponen sumamente divididas, su extrema pequenez puede servirnos para concebir con mas facilidad el modo, con que se sostienen en el ayre por el frotamiento, que aumenta como las superficies multiplicadas por la division. Pero de esta respuesta, que destruye una dificultad, quando solo se trata de explicar la suspension de los vapores, nace otra muy considerable, quando se entra en el examen de su

ascenso. Porque el mismo frotamiento que las sostiene, les sirve de impedimento, quando suben, y este obice es tanto mayor, quanto mas divididas estuvieron.

Fuera de que, de que sirve esta division, si cada parte (por pequeña que sea) rodeada inmediatamente del ayre, se queda como estaba en la massa, de donde se desprendió? Acaño el volumen de ayre, que le corresponde, no disminuye en la misma proporcion? Y si el agua (generalmente hablando) pesa ochocientas veces mas que el ayre, ésta misma proporcion se hallará, así en los volúmenes pequeños, como en los grandes.

Con que una de dos cosas es necesaria: ó que las partes, que se exhalan de los cuerpos, muden de estado al dexar la massa, ó que el ayre que las toca, se sirva de otro medio distinto de la gravedad para levantarlas.

De aqui han nacido varias hypothesis muy ingeniosas. Algunos han supuesto cada una de estas partículas como un baloncito lleno de un ayre sutil, dilatado con el calor, poco mas, ó menos como las bolitas de agua de jabón, con que los niños se divierten. „ Esta bexiguita, dicen, es mas ligera, que el volumen de ayre à que corresponde en la atmosphaera, y el exceso de su ligereza puede ser tal, que aun llegue à sobrepajar la resistencia del frotamiento.

Confieso que la idea es ingeniosa, y creo no sería imposible conservarle alguna verisimilitud.

Pero si el calor es necesario para dár un volumen suficiente à estos baloncitos, casi no huviera vapores el Invierno; ò si se requiere tan poco para hincharlos, cómo no rebientan el Verano?

Otros, buscando un principio de ligereza suficiente en la dilatacion de los vapores, se figuraron las partes como otras tantas moleculas, cuyos poros estendidos, y dilatados por la accion del fuego, aumentan su volumen tanto, y aun mas de lo que su primera *densidad* excedia à la del ayre. Segun esta opinion, una parte de agua convertida en vapores, serà v. gr. 1000, ù 1200 veces mayor de lo que era, y por consiguiente corresponderà à un volumen de ayre mas que suficiente para levantarla. Esta suma dilatabilidad de los vapores està fundada en varias experiencias, de que no puede dudarse, y de que hablarèmos despues, quando nos dè lugar el orden que seguimos. Pero pide un grado de calor mucho mayor, que el que ordinariamente reyna en los cuerpos que comienzan à evaporarse. Y si partiendo de este principio, quando se ven levantar vapores en un tiempo fresco, se infiere, que hace bastante calor para dilatarlos, de modo, que lleguen à quedar mas ligeros que el ayre; èsto me parece que es suponer la question. Yo creo, que hay una grande diferencia entre la simple evaporacion, y la dilatacion de los vapores.

Pero si el calor natural por lo comun solo puede contribuir à despegar estos corpusculos de sus massas, sin ponerlos siempre en estado de levantarse; si por otra parte el ayre por su solo peso no puede obligarlos à subir, segun su naturaleza; qual es el medio que añade la naturaleza à esta primera causa?

Si se me dà licencia para aventurar aqui mis conjeturas, dirè, que el ayre de la atmosphaera hace al mismo tiempo el oficio de dissolvente, y de esponja, respecto de los cuerpos, que inmediatamente toca. Què sucede quando el agua dulce se convierte en salada, echandola en un vaso donde haya sal? El licòr, penetrando los poros del cuerpo sólido (*de la sal*) se junta por todos lados por debaxo de las partes, que componen la superficie, las levanta finalmente, y las divide de modo, que estas mismas partes entran en los poros del agua, de la misma suerte, y por la misma causa, que las del agua penetraron la sal. Mientras mas libres estàn las partes de la sal, ésta es mas porosa; mientras mas humeda, antes de la immersion, la dissolucion es mas facil. La razon es clara, y afsi no es necessario decirla. Del mismo modo, que los cuerpos que se evaporan, estando siempre sumergidos, por decirlo afsi, en el fondo de una massa de ayre esponjosa, despiden una cantidad de vapores, tanto mas abundante, quanto mas expuestas estàn sus partes à la accion del ayre, ò quanto mas dispuesto està éste,
por

por su estado actual , à admitirlas en sus poros. No me atreverè à decir , que el ayre se introduce en los poros de los cuerpos sólidos , ò líquidos , como el agua en el azucar , ò en la sal , al disolverla ; pero no dirè ninguna cosa increíble , diciendo , que (supuesto que en los cuerpos todos hay una muy grande cantidad de ayre disseminado) las superficies se componen de moleculas , de las quales un gran numero solo es ayre , y que este ayre comunica con otro , que tambien éntra en la composicion de las capas inferiores ; de modo , que la materia propia de estos cuerpos es muy semejante à un grano de sal humeda , que se echa en agua , y que queda tanto mas disoluble , quanto estaba mas empapado en el agua , antes de echarlo en ella. La superficie que nos parece mas lisa , expone al ayre , que la toca , muchas partes casi sueltas , y solo unidas à la massa , por un corto numero de puntos ; y no conociendose materia alguna , en qualquier estado que sea , cuyas partes estèn en perfecta quietud unas respecto de otras ; no havrà en la superficie de los cuerpos alguna partícula , que no estè mas , ò menos dispuesta à ceder à los esfuerzos del ayre que la rodèa.

Pero si el ayre (como algunos piensan para explicar su elasticidad) es un cuerpo esponjoso , cuyas partes tienen la figura de unas hebritas , ò fibras sutiles , ò de hojas delgadas en forma espiral ; para levantar las partículas de los cuerpos

de que hablamos , no serà menester mas fuerza, que la que cada dia se observa en los cuerpos de esta especie ; porque así como la sal se levanta en el agua , conforme se va dissolviendo , aunque sus partes sean mas pesadas que las del agua, así como el agua se levanta contra su propio peso en el azucar; del mismo modo se podrá decir, que los vapores , y las exhalaciones , sin llegar à ser mas ligeros , que el ayre , se levantan en la atmósphera , segun la proporcion , que huviere entre ellos , y entre la porosidad del ayre.

Es verdad , que aun no se sabe muy bien el modo con que los licores se levantan mas arriba de su nivèl, en una esponja, en los tubos capilares , y otros cuerpos semejantes ; porque recurrir à la atraccion , como à la causa de dicho efecto , solo servirá para satisfacer à una parte de Sabios ; y aun no es esta la que solo admite ideas claras , è inteligibles; pero todos concuerdan en el efecto : y quando yo digo , que los vapores se levantan en la atmósphera , como el agua en una esponja , no por esto pretendo llegar hasta la primera causa ; solo me detengo en la proxima, è inmediata : en una palabra , solo intento explicar un efecto con otro , lo qual es corriente en la Physica.

Por ahora no puedo estenderme en esta idea quanto sería necesario para dárle toda la verisimilitud , de que es capaz. Esta digresion nos alexaria mucho de nuestro principal objeto ; no

faltarà ocasion de volverla à seguir en tratando de los tubos capilares. Solo añadirè , que si esta ultima causa, junta con las otras (que no despreciamos) basta para formar , y levantar los vapores , tambien podrà contribuir à conservarlos suspensos , hasta que viniendo la atmosfera à mudar de *densidad*, yà sea por compresion , yà por condensacion , y aun por dilatacion , se acerquen mutuamente estos cuerpecitos para formar mas pesadas massas , ò queden solamente abandonados à su proprio peso; como sucede en el recipiente de una maquina Pneumatica , en donde se vè una especie de niebla à los primeros movimientos del émbolo, porque enrareciendose el ayre , dexa los cuerpos extraños que contiene. (*)

Volviendo à nuestra primera Experiencia, es cierto , que Aristoteles , y sus Sequaces , se engañan mucho , si creen , que en la naturaleza existen varios cuerpos , que naturalmente tiran à moverse de abaxo arriba. Lo que queda dicho , por lo que mira à los efectos , que pueden haverlos engañado , basta para dár à entender, que no hay en la naturaleza ligereza absoluta , y que los cuerpos , à quien impropriamente se les dà el nombre de ligeros , son aquellos , que tienen poco peso , ò materia, baxo un gran volumen.

N 2

En

(*) *Memor. de l'Acad. des Scienc. de 1740. pag. 252.*

En la gravedad, como en qualquiera otra fuerza, se puede considerar la *direccion*, y la *intensidad*; esto es, la medida, ò la cantidad de su accion respecto de los cuerpos.

La direccion de la gravedad siempre es la misma; los cuerpos, que caen libremente, se dirigen por sí mismos ácia la superficie de la tierra por una linea perpendicular al horizonte, como se vé quando se hace la experiencia sobre un agua parada; y si tal vez son obliquas, ò curvas las lineas descriptas al caer, esto es señal, que hay algunos impedimentos, que los obligan à ello: tal es la caída del péndulo en la mitad de su vibracion; y ciertamente no describiera un arco de circulo, si no lo contuviese el hilo, ò la verga, que lo obliga à dár vueltas al rededor del punto de suspension.

En vez de exprimir la direccion de la gravedad por una linea perpendicular al horizonte, comunmente la exprimen por una tendencia al centro de la tierra; ésto sería lo mismo, si nuestro globo fuera perfectamente espherico; porque entonces todos los rayos prolongados desde el mismo punto serian otras tantas perpendiculares à la superficie. Pero esta hypothesis ya no se admite, ni puede admitirse; y si el globo terrestre es una espheroida chata ácia los polos, como es muy creible; por la regla, y el compàs se vé, que las lineas dirigidas perpen-
di-

dicularmente à todos los puntos de su superficie, no vãn à parar al centro verdadero, sino à diversos puntos, que componen un espacio al rededor del centro. Pero siendo este espacio muy pequeño, por ser poca la diferencia que hay entre la figura atribuida à la tierra, y la de una esfera perfecta; se podrá sin error sensible conservar la expresion comun (especialmente quando no se trata esta question) y tomar el centro de la tierra por el de los cuerpos graves.

Por lo que mira à la intensidad, se puede preguntar lo primero: si siempre es la misma en todo cuerpo, en todo tiempo, y en todo lugar. Lo segundo, si varía, segun el estado de los cuerpos. Lo tercero, si puede aumentarse en el mismo móvil, y la proporcion, que guarda dicho aumento.

La experiencia no nos enseña con toda exactitud el camino que hace un cuerpo en un tiempo determinado, en virtud de la gravedad que lo anima, porque siempre hay que vencer algunos obstáculos inseparables del estado natural, como lo experimentan los cuerpos que obedecen à qualquiera otra potencia. La resistencia de los intermedios, que varía à proporcion de sus densidades, la figura del cuerpo que cae, la proporcion de su massa con su volumen, y alguna otra causa, de que hablaremos despues, impiden, que se sepa exactamen-

mente la medida de la gravedad primitiva, y que se conoza lo que ésta sería, si no huviesse algunas causas extrañas, que la disminuyesen. Solo se sabe, que en algunas partes, como v. gr. en París, ò en sus cercanias, una bala de plomo, ò qualquier otro cuerpo, que encierre mucha materia en poco volumen, corre en el ayre libre quince pies de Francia en el primer segundo de su caída. Presto se verá el motivo de haver hecho mencion de todas estas circunstancias en esta proposicion.

En otro tiempo se discurria, que lo mismo era el peso, que la gravedad; y que la caída era tanto mas prompta en los cuerpos, quanto éstos tenían mayor massa. Efectivamente parecia muy verisimil, que un móbil compuesto de quatro partes pesadas, havia de tirar al centro mas que qualquier otro, que solo tuviesse una, ò dos; y lo que acababa de confirmar el yerro, era ver, que una pluma, un pedazo de papel, una vedija de lana, &c, caía con mas lentitud, que una piedra, un pedazo de metal, &c. Pero nada deciden un *mas*, ni un *menos*, quando no hay proporcion alguna con la causa imaginada. Galilèo, y Aristoteles vieron, que una pluma caía con menos velocidad, que una libra de plomo; pero el primero midiò este *menos*, lo comparò con el exceso de massa del cuerpo mas prompto en caer, y hallò, que no correspondia à la diferencia de los pesos de los dos

dos móviles. Formòse, pues, otra idèa de la gravedad, y en vez de pensar, como se havia hecho hasta entonces, que havia mas en el plomo, que en la pluma, juzgò, que la gravedad era igual en uno, y otro; pero que la resistencia del intermedio era mas sensible respectò del que tenia menos materia. Este modo de discurrir estava muy bien fundado; y la Experiencia que se sigue podrá servirle de apoyo.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Pongase bien firme sobre la platina de la maquina Pneumatica un marco de madera, en medio del qual hay un tubo de vidrio, de seis pies de largo, y dos pulgadas, y media de diametro, algo mas ancho, y mas abierto por las dos extremidades A, B, (*fig. 2.*) Sobre la superior se pone un pedazo de gamuza mojada, y encima descansa la chapa de una pieza, que circula verticalmente, y que dividiendose en seis partes, forma otras tantas pinzas con muelle. Esta pieza se vè de fáz en la *fig. 3*, y de perfil en la 4. En el exe de ella hay un piñon, que endienta con una rueda de linterna F, cuyo exe de cobre (bien cylindrico) passa por la chapa, y el cañon G lleno de redondelas de cuero untadas de grassa. En la extremidad de este ulti-

mo exe està fixa una rodaxa H, sobre la qual hay un anillo, que corresponde al veçte I, y este se mueve con un cordon. La pieza K es un tambor, en el qual hay un muelle de relox para contra-tirar del cordon, que està liado en èl, y que hace dâr vueltas à la rodaxa H.

Antes de poner esta pieza sobre el tubo de vidrio, en cada una de las seis pinzas se pondrán dos cuerpecitos de igual volumen, pero de peso diferente; de modo, que las diferencias no sean iguales en cada par. Y así se podrá poner v. gr. en las primeras pinzas un pedazo de plomo, y una pluma; en las segundas un pedazo de cobre, y otro de papel, en las terceras un pedazo de yerro, y otro de madera, &c.

Purificado de ayre del tubo quanto sea posible, se tirará de la cuerda L, para que al moverse la rueda F, se ponga una de las pinzas en una situacion vertical, como en D: despues se tira del cordon M para levantar la rueda F, cuyo borde, tocando con el diente a, hace que se abran las pinzas; luego que éstas han hecho su oficio, se hacen passar otras del mismo modo hasta la ultima.

E F E C T O S.

Todos estos cuerpos salen de dos en dos de las pinzas, y caen al mismo tiempo, sin que se perciba ninguna diferencia sensible mientras caen.

Pero si se vuelve à hacer la experiencia, dexando el vaso lleno de ayre en su estado natural, caeràn mas presto los mas pesados, y la lentitud de los otros serà tanto mas sensible, quanto sea menor su massa respectiva. De modo, que el palo cae con mas lentitud que el hierro, pero esta lentitud no es tan grande como la de la pluma, y el papel.

EXPLICACION.

La primera parte de esta Experiencia prueba con evidencia, y directamente, que en todos los cuerpos es igual la gravedad, y que las diferencias que se ven en sus caídas, solo se han de atribuir à la resistencia de los intermedios por donde caen; pues suprimiendo, ò disminuyendo mucho la tal resistencia, sensiblemente gastan el mismo tiempo en caer de alturas iguales. La segunda parte nos enseña el modo de evaluar las diferencias, que notamos en la caída de los cuerpos graves, que difieren entre si en la cantidad de su materia. Porque si miramos la gravedad como una velocidad comun, é igual en todos los graves, la diferencia de las cantidades de movimiento, ò de las fuerzas de los cuerpos, que empiezan à caer, estará solo en la massa. Supongamos, pues, un pedazo de plomo de doce onzas de peso, y otro pedazo de madera del mismo volumen, y figura, con



solo una onza: supuesta la misma velocidad inicial, ò la gravedad de estos dos mobiles, las cantidades de su movimiento tendrán la misma proporcion que sus masas en el primer instante de su caída: esto es, uno en el palo, y doce en el plomo. Pongamos ahora, que mientras caen, se disminuye medio grado de su movimiento, disminuida la resistencia del intermedio: dicha disminucion será igual en uno, y otro, porque el intermedio es el mismo, los volumenes iguales, y las figuras semejantes; pero el pedazo de plomo, habiendo perdido solo medio grado de movimiento, se queda con once y medio, en vez que el pedazo de madera, perdiendo otro tanto, solo se queda con la mitad: en el uno, solo se pierde una duodecima parte de movimiento, y en el otro la mitad, aunque los dos efectos procedan de la misma causa.

APLICACIONES.

El principio que acabamos de probar por la Experiencia precedente, es de grande importancia: y así no se ha omitido cosa alguna para darle toda la claridad posible. M. Newton lo confirmó con las vibraciones de varias bolas suspensas, poniendo diferentes proporciones entre los diámetros, y pesos. Quanto antes pondremos à la vista, que esta especie de movimiento es un efecto de la gravedad: de modo, que

quan-

quando dos bolas del mismo peso , y tamaño , colgadas de iguales hilos , continúan moviéndose el mismo tiempo en el mismo ayre , dàn à entender , que es igual la gravedad que las anima ; y ésto se ha de creer , aunque la disminucion del peso cause alguna diferencia , si ésta no sigue la proporcion de las massas , como la experiencia lo muestra.

MM. Frenicle , y Mariotte , siguiendo los passos de Galilèo , hicieron varias experiencias sobre la caída directa de los cuerpos de alturas muy elevadas ; pero nadie las ha hecho en circunstancias mas favorables , que en las que se hallò Mr. Desaguliers (*), sirviéndose de la grande elevacion de la Cupula de San Pablo en Londres , y aprovechándose de las luces de Messieurs Newton , Halley , y otros que quisieron hallarse presentes.

De la altura de 272 pies dexaron caer varios cuerpos de diferente peso , y volumen ; y se reparò , que dos bolas , de cerca de cinco pulgadas , y media de diametro , pesando la una 2610 granos , y la otra $137\frac{1}{2}$, no gastaron el mismo tiempo en caer de la altura dicha ; porque la mas pesada acabò su caída en $6''\frac{1}{2}$, y la otra durò cerca de $19''$: por donde se vè , que la velocidad de los cuerpos que caen , no es proporcionada à su massa : pues en

O 2

esta

(*) *Transact. Philosoph. num. 362. art. 4.*

esta ultima Experiencia , las dos bolas , en quanto al peso , estàn en la proporcion de 19 à 1 : y las demàs circunstancias son las mismas en una , y otra. Y no obstante falta mucho para que la mas pesada cayga diez y nueve veces mas apríesa que la otra ; porque en vez de 6" no huviera gastado mas que 1".

Ahora se podrá explicar con mas facilidad , por què la misma materia cae con mas lentitud , mientras està mas dividida , ò mientras es mayor el volumen , como un pedazo de madera dividido en menudas piezas , un juego de naipes , ò un mazillo de plumas desatadas. La caída de un recio aguazero es muy diversa de la de la nieve : y el agua que cae sin dividirse , hace una fuerza mucho mayor , que la de la que se esparce en gotas , y se estiende en el ayre por donde passa.

Si el ayre no resistièse , deteniendo , y dividiendo los cuerpos , cuyas partes no tienen entre si la mayor union , con no menos riesgo que admiracion se veria caer una jarra de agua echada por la ventana , haciendo sobre el empedrado el mismo ruido , y la misma fuerza , que si fuera un pedazo de yelo del mismo peso. Con media azumbre que tuviese la jarra , haria el mismo efecto , que una piedra de dos libras , si por desgracia encontrasse en el camino algun desdichado , cayendo de la misma altura. Pero el espanto no seria tan grande para los que estu-
vies-

viessen impuestos en los principios que estamos explicando ; porque sabrian , que una massa líquida , que cae por algun intermedio material, sea el que se fuere , experimenta una resistencia directa en la parte inferior , y un frotamiento en las superficies laterales : sabrian tambien , que estas dos especies de resistencia retardan la parte, que està expuesta à su accion inmediata , mucho mas que al resto de todo el cuerpo ; y que por consiguiente , el móbil , cuyas partes casi no està unidas entre si , variará de figura en poco tiempo , y se dividirá al caer ; pero estos dos ultimos efectos cessarán , luego que cesse la causa, que comunmente los produce.

Una experiencia casi tan antigua como la maquina Pneumatica , y que aunque sin el merito de ser cosa nueva , no dexa de ser muy curiosa , prueba admirablemente lo que estamos diciendo de la caída de los licores.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EChense algunas pulgadas de agua en un tubo de vidrio algo fuerte (*fig. 5.*) de ocho, ò diez lineas de diametro. Saquese el ayre del resto de la capacidad , y cierrese hermeticamente en A.

EFECTOS.

Muevase perpendicularmente el tubo de arriba abaxo : el agua se levanta algunas pulgadas toda en una pieza hasta B v. gr : al caer al fondo hace el mismo ruido , y la misma fuerza, que si fuese un cuerpo sólido , y el sonido es mas agudo , si se tiene cuidado de dexar una bola hueca , y delgada en la extremidad superior, como està en la figura.

EXPLICACION.

Si en el vaso huviesse alguna cantidad de ayre tan denso como el de la atmosphaera , desde la superficie C del agua hasta A ; luego que el agua se levantasse de C à B , la columna de ayre , contenida en esta parte , tomarià su sitio por un instante , y el agua al caer volveria à encontrar este fluido flexible , que retardaria su caída , y que dividiendose reciprocamente , le cederia el primer sitio. Pero quando en el tubo no hay mas que agua , y por consiguiente no hay quien la desuna , el líquido cae todo junto , y la base de su columna dà inmediatamente contra el fondo del vaso , como pudiera hacerlo un cylindro sólido, del mismo peso.

APLICACIONES.

El mercurio de un barometro (con tal , que el instrumento esté bien hecho) se halla en las mismas circunstancias , que el agua de nuestra Experiencia. Haciendolo balancear en el tubo, si el movimiento es fuerte , corre mucho peligro el vidrio , y el golpe se oye siempre como el de un cuerpo sólido ; porque la parte superior del tubo está limpia de ayre , y el mercurio pega inmediatamente en el fondo.

El tiempo por sí mismo no introduce diferencia alguna en la gravedad de los cuerpos ; si no es que se supone (para lo qual no hay el menor fundamento) que las mutaciones que padece , son uniformes , y proporcionadas en toda la naturaleza ; porque por lo que mira à los pesos comparados , lo que pesa una libra , siempre pesa una libra exactamente , mientras sea la misma la cantidad de la materia. De esto se puede hacer juicio por las gravedades especificas de las materias conocidas : el oro , v. gr. conserva exactamente la proporcion de $19 \frac{1}{2}$ à 1 respecto del agua pura. Es verdad , que estas cantidades están sujetas à algunas cortas diferencias ; pero es mas natural atribuir las à los diversos estados de la materia , al frio , al calor , à la sequedad , à la humedad , &c , que no abandonarlas à una causa incognita , cuya existencia no

tenga fundamento alguno. Si casi todos los dias se advierte, que un cuerpo varia de peso, se ha de reparar tambien, que ha adquirido, ò que ha perdido algunas partes materiales, que disminuyen, ò aumentan su massa. Una esponja, ò qualquier otro cuerpo equivalente; puesto en el brazo de una balanza, y expuesto à las impresiones del ayre, yà pesa mas, yà queda mas ligero: esto no nace de otro principio, que de la humedad, que reyna en el ayre, la qual añade en cierto tiempo alguna cantidad à su peso, y al contrario se sepàra quando el tiempo està mas seco. Esta explicacion es tan natural, y tan bien recibida; que muchos se valen de este medio para conocer la humedad, ò sequedad del ayre. Todos saben, que la madera que ha flotado por el agua, es mas ligera, que la nueva: se dirà por esso que la gravedad varia? No es mas visible que esta diminucion de peso nazca de la pérdida de alguna parte de su substancia? A lo menos, no se puede dudar, que el agua no le haya hecho perder una gran parte de sus sales; porque la lexia, que se hace con sus cenizas, contiene muy poca sal; y por esso no es tan buena como qualquiera otra para blanquear la ropa.

Si algunas experiencias, al parecer, han indicado alguna variedad en el peso de una misma materia, no por esso hemos de creer (como lo han hecho algunos) que la gravedad varia por

sucesion de tiempos. Mas verisimil me parece, que se hayan engañado los que las han hecho, faltando en la execucion alguna cosa, que no se ofreció por entonces à su vigilancia. Las pesas de las péndolas, reloxes, afladores, &c, son pruebas de experiencia, que pueden oponerse en contra, y en que no cabe la menor duda.

Ahora pues: Si el tiempo no induce variacion alguna en la gravedad de los cuerpos, à lo menos no variará esta fuerza en lugares diferentes?

Quando se advierte, que el centro de la tierra es el de los cuerpos graves, parece que hay motivo para creer, que la gravedad será diferente, segun fuere mayor, ò menor la distancia hasta el centro. Pero si se repara en las experiencias hechas para comparar dicha fuerza consigo misma, aprovechandonos de las alturas mas elevadas, que nos han sido accesibles, sin haver notado alguna diferencia, parece que hay fundamento para creer, que la gravedad es uniforme en todo tiempo, y lugar. Así se havia supuesto antes de hallar razones para creer lo contrario.

Newton nos asegura (y Newton merece que lo oyan) que la potencia oculta, que impele los cuerpos ácia la tierra, no tiene tanta fuerza, quando están mas distantes. Aun hacemos: nos dà reglas para evaluar esta disminu-

cion; y como si huviesse llevado la balanza hasta los Astros mismos, quiere que se crea, que una piedra, comenzando à caer desde la Luna, no andaria en un minuto mas de lo que anda en un segundo acà abaxo: esto es, que cayendo de la Luna, la velocidad sería 3600 veces menor, que la que tendria en las cercanias de la superficie de la tierra.

Digno de admiracion parece, que un hombre como Newton se atreviesse à hablar con tanta seguridad de cosas, que al parecer, exceden las fuerzas del entendimiento humano: pero mas espantoso es, que asegure quanto dice, no como puro systèma, sino con pruebas, y demonstraciones. (a) A la verdad, Newton no ha demostrado, que la fuerza centripeta de la Luna sea diferente de la de los cuerpos, que pertenecen à nuestro globo; pero lo ha supuesto con mucha verisimilitud.

Cómo, pues, se puede saber lo que passa allà en la Luna para hablar con tanta valentia, y aun para llevarse tras si la fé de los oyentes?

El modo de pensar de Newton, y las pruebas

(a) Aunque la Theorica de Mr. Newton concuerde muy bien con la mayor parte de las Observaciones Altronicas, no obstante es preciso convenir, que por lo que mira à la Luna, no puede admitirse la Ley de la disminucion de la gravedad. Vease lo que acerca de esto dice M. Clairaut, *Memoir. de l'Acad. des Scienc.* 1745.

bas en que se funda, se han de estudiar en sus mismas Obras, ò en otros Extractos mas extensos de lo que podèmos permitirnos en este sitio. Quanto Newton ha enseñado, tocante à la gravedad de los cuerpos, està trabado con todo el systèma general de la gravedad, que concertò con mas felicidad, que ningun otro Philosopho; y es difícil llegar à formarfe una idèa justa de esta parte, si se llega à separar de las otras con quienes tiene una necessària connexion. Solo, pues, nos contentarèmos por ahora con poner à la vista el modo con que se puede juzgar de la gravedad de los cuerpos à la altura de la Luna, por la que ellos tienen acà abaxo; suponiendo, que la fuerza centripeta de la Luna no se distingue de esta gravedad, que hace ir àcia el centro de la tierra todos los cuerpos sublunares.

Supongamos, que T (*fig. 6.*) representa la tierra, L la Luna, L Q R S la Orbita de la Luna; esto es, la revolucion que hace al rededor de la tierra en el espacio de cerca de un mes. Bien conocida es la distancia de la tierra à la Luna, pues poco mas, ò menos, iguala sesenta veces el semidiametro del globo terrestre. Yà há tiempo, que se conocen estas cantidades, y todo el mundo conviene en ellas.

En la Leccion precedente, hablando de las fuerzas centrales, pusimos à la vista, que el cuerpo que dà vueltas, solo circula en consecuencia de una fuerza, que lo impele, ò que lo

dirige siempre ácia un mismo punto, mientras otra lo intenta mover con otra direccion. Con que quando vemos, que la Luna dà vueltas al rededor de nuestro globo, podemos inferir con toda seguridad, que hay en ella una fuerza centripeta, ò que pesa ácia la tierra (que es lo mismo.)

Tambien pusimos à la vista, hablando del movimiento compuesto, que si un móvil obedece al mismo tiempo à dos potencias, como LP , LC , se conoce la proporcion de estas potencias por la diagonal LQ , que el cuerpo describe.

Del mismo modo que se sabe el tiempo que gasta la Luna en su revolucion entera, se sabe tambien el que necesita para andar una porcion determinada, como LQ : y por aqui se puede juzgar el camino que huviera hecho en igual tiempo, si solo huviesse obedecido à una de las dos potencias. Si v. gr. es LQ el espacio que anda en una hora, LP ferà la cantidad que huviera baxado en otra hora, si solo huviesse seguido el impulso de la gravedad.

De este modo, poco mas, ò menos, vino Newton à conocer, que un cuerpo grave, comenzando à caer desde la Luna, andaba quince pies en el espacio de un minuto; despues, comparando esta velocidad con la de los cuerpos sublunares, que obedecen à la gravedad, la ha-

110 por el calculo 3600 veces menor; porque una piedra, que cayera libremente, durante un minuto, andaria 3600 veces quince pies, ò bien 54000 pies; de donde infiere, que la gravedad disminuye, como aumenta el quadrado de la distancia; porque 3600 es el quadrado de sesenta, y la Luna dista del centro de la tierra sesenta veces mas que los cuerpos que estàn sobre su superficie, como nosotros v. gr.

Seria cosa muy curiosa apoyar esta theorica con alguna Experiencia, si pudieramos elevarnos à alguna altura muy elevada; pero no son suficientes nuestras montañas, aun las mas altas; y aun quando se supusieran de dos leguas perpendiculares sobre el terreno mas baxo, aun seria insensible la disminucion de la gravedad, como se vè por el calculo.

La mayor, ò menor distancia de los cuerpos graves al centro de la tierra ha dado à conocer alguna variedad en su gravedad; veamos ahora si la diferencia de los climas podrá fundar las mismas sospechas. Sobre todo, quando la figura de la tierra se reputaba aun perfectamente espherica, deberian parecer indiferentes todos los lugares por lo que mira à esta tendencia àcia el centro.

El que hizo la hypothesis del movimiento diurno de la tierra al rededor de su exe, pudiera haver reparado, que todas las partes de su superficie no circulan con la misma velocidad:

porque los circulos, que describen las partes, que estàn baxo el Equador, son mayores, que los que describen las que estàn mas vecinas à los polos, como lo notamos, quando explicamos la Experiencia del globo de vidrio en la Leccion precedente. 6. *Exper. fig. 22.* & 23. Baxo este supuesto, quedabamos naturalmente obligados à discurrir, que todos los cuerpos, que estàn en la superficie de nuestro globo, tienen tambien su fuerza centrifuga, puesto que participan de su movimiento; que esta fuerza, contraria à la gravedad, debe ser mayor en el Equador, que en los polos; y que asì la gravedad disminuirà à proporcion, que el cuerpo estè mas cerca del Equador. Nadie havia pensado en las fuerzas centrifugas antes de Descartes, y de Mr. Hughens; y si Copernico, quando propuso su hypothesis, la huviera tambien vestido de esta novedad, es muy creible, que la huvieran recibido en aquel tiempo, como el resto de su doctrina.

Habiendo Mr. Richer el año de 1672 pasado por orden del de Francia à la Isla de Cayena, situada cerca de cinco grados de latitud, para hacer algunas observaciones impracticables en nuestro clima, hizo un descubrimiento mas util sin duda, que quantos se havia propuesto. Observò, que una péndola, que media segundos en Paris, media mas que segundos en el sitio donde èl se hallaba.

Una péndola es un instrumento compuesto de un cuerpo pesado, como una bala de plomo, v. gr. que describe arcos al rededor de un punto fixo, mediante un hilo, ò una verga delgada, en que està suspensa. Despues mostraremos, que su movimiento (que se llama *oscilacion*) es un efecto de la gravedad, y que su mayor, ò menor velocidad depende del tamaño del hilo.

Haviendose assegurado bien Mr. Richer, que su péndola arreglada en París para medir segundos, se atrasaba en la Cayena, corrigió la falta, acortando el hilo, y teniendo una cuenta muy justa de la cantidad disminuida. Esta experiencia, repetida varias veces por muchos, y exactos Observadores, y finalmente por los Academicos, que fueron al Perú, y al Norte à tomar las medidas necesarias para conocer la figura de la tierra, ha mostrado constantemente, que los cuerpos ácia el Equador, caen mas lentamente, que en otra parte del globo, y que esta lentitud disminuye à proporcion, que la latitud aumenta.

Con el apoyo de este descubrimiento se han afirmado mas los Astronomos en la hypothesis del movimiento diurno de la tierra. Supuesta, y no admitida esta rotacion, que imprime à todas las partes del globo diferentes fuerzas centrifugas, y desiguales en toda su extension, se empezò à dudar sobre su figura, que pasaba por

por perfectamente esphérica en la opinion comun.

Siempre que la tierra se mire como inmóvil, es muy verisimil, que su figura sea una esphera perfecta; porque siendo igual la gravedad à que obedecen sus partes, seràn tambien iguales los rayos, ò columnas, que se forman de la circunferencia al centro para estàr en equilibrio.

Pero si se halla, que esta gravedad primitiva disminuye por una fuerza centrifuga, y que no es igual la cantidad de la disminucion por toda la extension del globo, serà casi imposible componer el equilibrio de sus partes con una figura perfectamente esphérica.

Supongamos que *A D B E* (*fig. 7.*) es un corte diametral de la tierra en el instante de su creacion, compuesto de partes igualmente pesadas ácia el punto *C*, y bastantemente fluidas para disponerse à proporcion de su gravedad. Es cierto, que para que todos los rayos *A C*, *D C*, *F C*, estèn en equilibrio, han de ser iguales, y todas sus extremidades iràn à colocarse en la circunferencia de un circulo.

Pero demòs por un instante, que la tierra tenga un movimiento de rotacion sobre su exe *A B*: en tal caso no pueden quedar en equilibrio los rayos, si todos son iguales; porque entonces la fuerza centrifuga destruye una parte de la gravedad, y esta disminucion es mayor,

mich-

mientras mas cerca estèn del Equador. Porque el punto D describe en veinte y quatro horas un circulo grande , el punto F en el mismo tiempo describe otro , paralelo , y mas pequeño , y el punto A no circula. Con que para que la columna CD sea tan pesada como CA , serà preciso , que aumente de tamaño , y que recompense con el aumento de materia lo que la fuerza centrifuga quita à su gravedad.

El movimiento de rotacion produce un efecto semejante en los otros paralelos ; pero este tal efecto và siempre disminuyendo hasta los polos ; por dos razones. La primera , porque la velocidad del movimiento , y por consiguiente la fuerza centrifuga , que resulta de èl , disminuye en la dicha proporcion. La segunda , porque esta fuerza , que en el Equador se opone directamente à la gravedad , en qualquiera otra parte solo se opone obliquamente , como facilmente se puede ver en la figura. Porque à la latitud del punto F , v. gr. se exercita la gravedad , segun la direccion FC , y la fuerza centrifuga tiene su tendencia por FL.

Siguiese , pues , de todo lo dicho , que en la hypothesis del movimiento de la tierra no puede ser igual la gravedad por todas partes. Para que la materia , de que se compone nuestro globo , estè en equilibrio consigo misma , es necesario , que se vaya elevando mas , y mas , desde los polos hasta el Equador , como H I K G ; de

donde resulta , que el diametro de su Equador es mayor que su exe A B. Esto se verá con mas claridad por el exemplo siguiente.

Llenese de paja de avena un saco de piel de carnero , compuesto de doce piezas , como los cascós de una pelota. En los dos polos de esta especie de esfera flexible hay dos pedazos de madero agujereados , que corren libremente por el exe de hierro, el qual está quadrado por la parte que entra en la madera , y redondo por las otras extremidades , en forma de pernios. Con una garrucha fixa à una de las dos (*fig. 8.*) se le imprime à dicha esfera un movimiento de rotacion , sirviendonos para ésto de la maquina con que daba vueltas el globo de vidrio de la *fig. 22.* de la Leccion precedente. Este movimiento hace que en breve tiempo se destruya la figura espherica , y de ella resulte una espheroide , la que se vé sensiblemente aplastada ácia los polos , y elevada ácia el Equador , mas de lo que pide una esphericidad perfecta.

MM. Hughens , y Newton , sin recurrir à estas experiencias , de poco peso à la verdad , para una materia , que pide tanta exactitud , fundados precisamente en las leyes de la Estatica , y fuerzas centrales , havian yá reconocido , que la tierra debia ser una espheroide chata ácia los polos ; y aun llegaron tan allà con su calculo , que determinaron el exceso del diametro del Equador respecto del tamaño del exe. Pero co-

mo esta decisïon se fundaba en una hypothesi, que tenia tantas apariencias de incierta, solo sirviò el trabajo de estos Sabios, para que los que quiesesen seguirlos, fixasen la atencion en descubrir la verdad, y mostrar la importancia de esta question.

Quando la theorica nos conduce naturalmente à un nuevo descubrimiento physico, solo nos queda el recurso à la experiencia para confirmarlo. Pero de què modo se pueden hacer las experiencias sobre la figura de la tierra? Las mas decisivas, que se pueden hacer, son el medirla actualmente, comparando entre si los arcos de uno de sus meridianos, como se ha hecho despues.

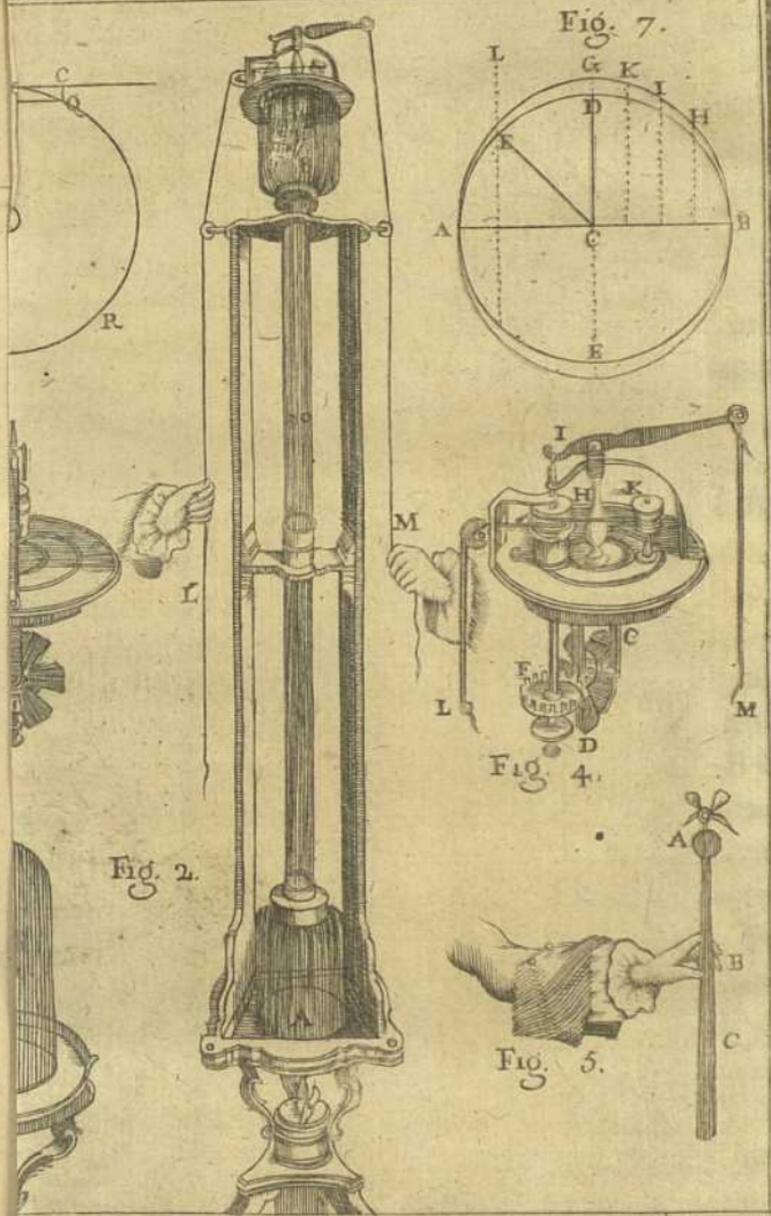
Aunque la Historia de lo que sucediò en este assunto sea muy curiosa, y al mismo tiempo muy util, nos serà preciso dexarla aparte por no tener una necessaria connexion con el objeto de que tratamos. Mas bien digerida de lo que pueden permitirme los limites à que debo ceñirme, se puede ver en varias Obras muy modernas, y principalmente en la de Mr. de Maupertuis, que tomò muy à pechos el buen exito de esta grande empresa. Solo dirè, que las operaciones, que hizo en el Norte este Academico, y MM. Clairaut, le-Camus, le-Monnier, el Abbàte Outhier, y Celsio, han confirmado, aunque con tal qual diferencia, la figura, que Hughens, y Newton atribuyeron à la tierra, y que las resul-

tas de las medidas tomadas en el Peru por MM. Bouguer, la Condamine, y Godin concuerdan en dár à la tierra la figura de una elypsoide, cuyo exe es menor, que el diametro de su Equador. Vease sobre ésto la Obra de M. Bouguer, intitulada : *La figure de la Terre déterminée par les observations faites au Perou, &c.*

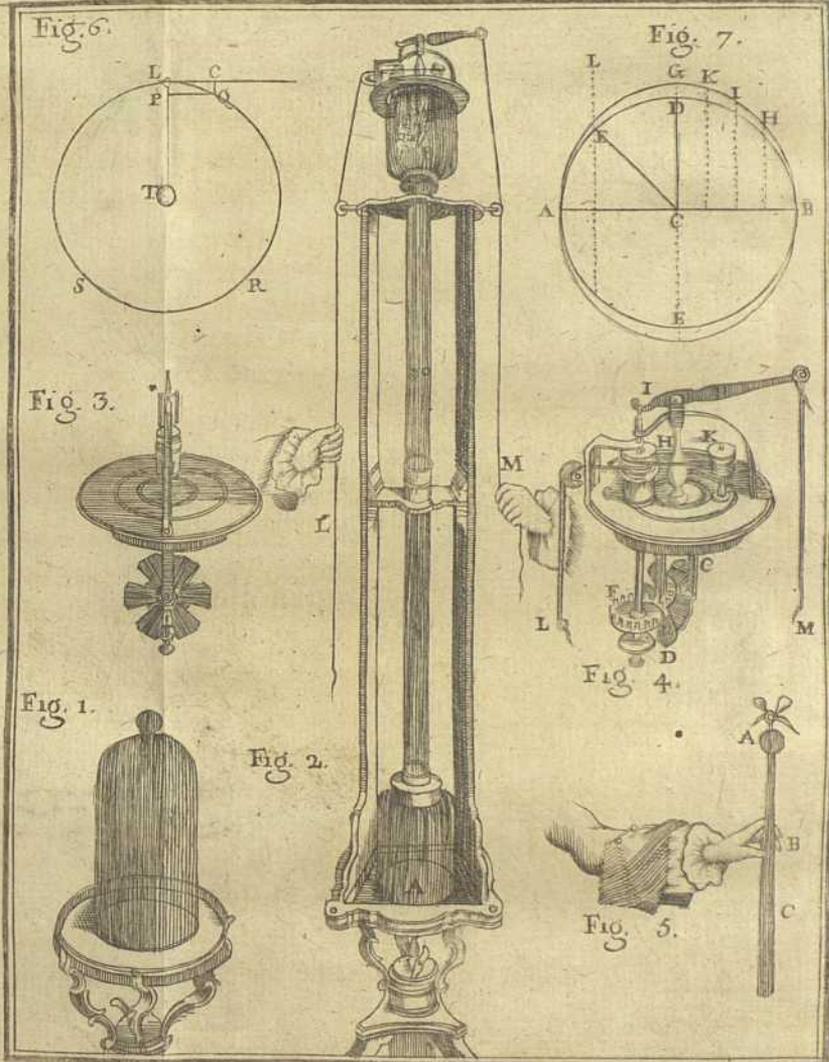
Ahora se nos ofrece otra question. Es à saber : si el peso de un cuerpo varia segun los diferentes estados, que puede tomar ? Si el movimiento, la quietud, el frio, el calor, lo sólido, lo fluido, &c. pueden aumentar, ò disminuir su peso en el mismo lugar ?

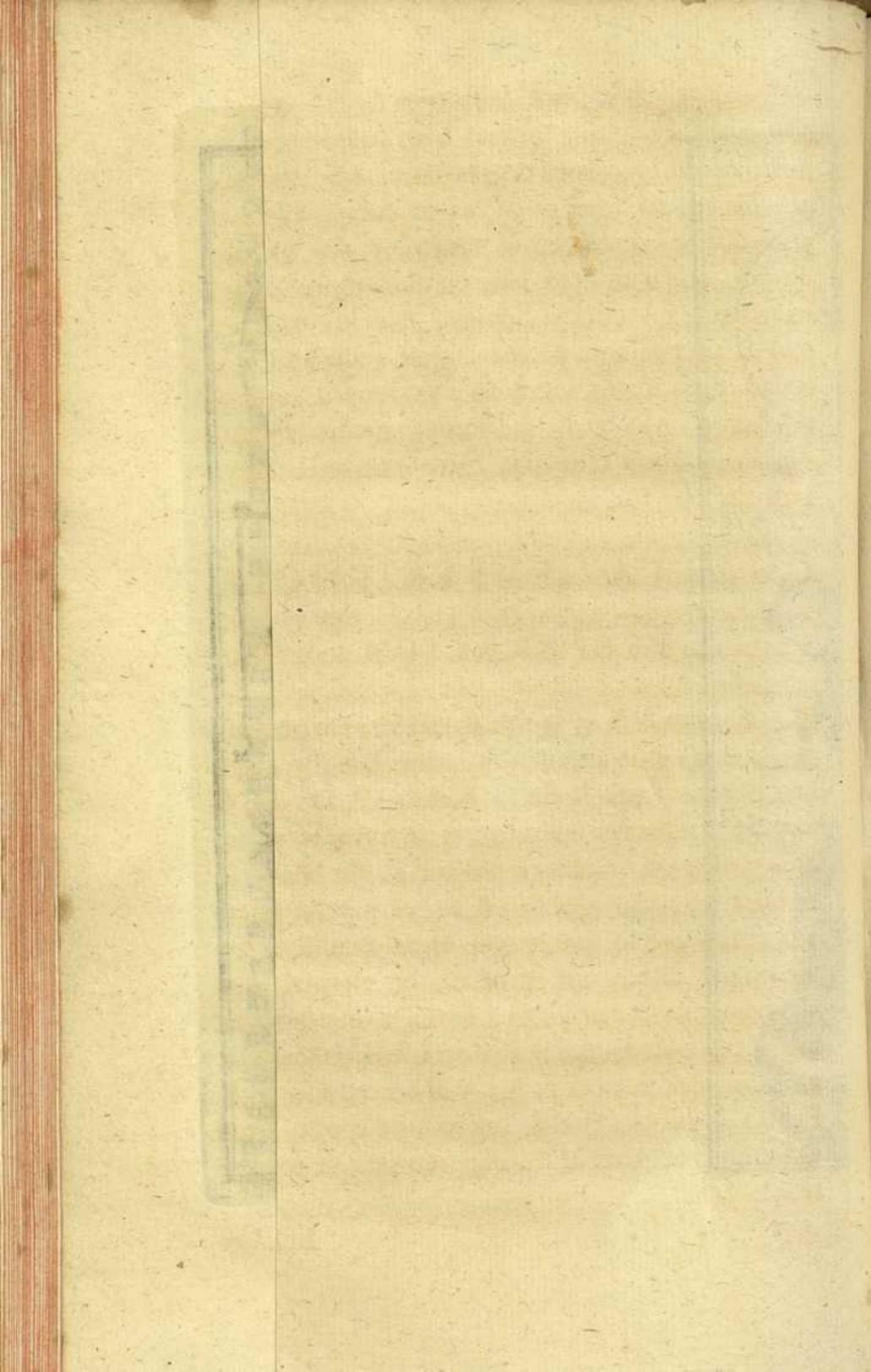
En general se puede responder, que ni el peso, ni la gravedad de un cuerpo varia, mientras dura en él la misma cantidad de materia. Una libra de plomo siempre pesa intrinsecamente una libra, ya esté derretida, ya sólida, ya mas, ya menos caliente, muevase, ò no se mueva ; porque si despues de haver passado por todos estos estados, no ha perdido nada de la cantidad de su materia, se hallará constantemente en ella el mismo peso.

Pero si la gravedad se considera como la velocidad, con que actualmente viene el cuerpo de arriba abaxo, sin duda, que no será la misma al fin, que al principio de la caída. La gravedad (prescindiendo ahora de su causa) siempre se ha de considerar como unida al mismo móvil en quien se exercita ; poco mas, ò menos



Compt. 7.





como el fuego , que levanta à un volador por la inflamacion sucesiva de las partes que contiene. De modo , que mientras un cuerpo cae , la gravedad se exercita en èl tanto , y del mismo modo , que si se detuviesse en el camino. Y así, supuesto igual todo lo demás , la velocidad actual de una bala de plomo , que cede à su gravedad durante un segundo , es mayor , que si el cuerpo solo cediesse durante medio segundo. Pongamos ésto mas claro con una Experiencia.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA caja A B de la *fig.* 9. està abierta por arriba : por uno de sus lados sale , y entra una gaveta llena de tierra blanda. A D , y B C son dos columnas cylindricas, de tres pies y medio de alto , divididas en pulgadas ; por ellas corre un atravesañõ mobible E F , el qual se sujeta à la altura que se quiere con unos tornillos. En medio de èl hay un agujero , en el qual con unas tenacitas , como G , se sujeta una bola de marfil ; la bola H, igual à la otra, està colgada de un hilo entre la caja A B , y el atravesañõ E F. El hilo de la bola H està sujeto , de modo , que ésta empieza à caer al mismo tiempo que se suelta la bola G.

EFECTOS.

Aunque las dos bolas empiezan à caer à un mismo tiempo , no por esso se paran en el mismo instante : la bola H llega primero , y hace en la tierra un hoyo mucho menor que el que hace la bola G , que cae despues.

El hoyo que cada bola hace en la tierra es el producto de su fuerza respectiva; y por este efecto se conoce la fuerza actual de cada móvil al fin de la caída. Dicha fuerza solo puede nacer de su massa , y del grado de su velocidad : con que siendo iguales las massas , la diferencia de las fuerzas solo podrá venir del exceso de velocidad de la bola G , respecto de la bola H.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Trese un poco mas de la gaveta arriba dicha, para que en cayendo otras bolas, no hallen ningun hoyo en la tierra. El atravesañ se sujetará à la altura de un pie , para dexar caer una bola de cobre , que pese tres onzas. Despues se levantará el atravesañ hasta tres pies , y se dexará caer otra bola hueca del mismo metal tan grande como la primera , pero que solo pese una onza.

EFECTOS.

Si se comparan entre sí los dos hoyos, se hallarán perfectamente iguales.

EXPLICACIONES.

Esta Experiencia demuestra con mas precision lo que la otra solo havia indicado en general. Pues no solo pone à la vista, que la velocidad de los cuerpos, que caen libremente, es mayor, si caen de mas alto; sino que nos dà la medida del aumento, dandonos à conocer, que es proporcionado à la altura: lo que se ve con evidencia, si se advierte, que una onza de massa produce el mismo efecto que tres onzas, porque la altura es tres veces mayor.

APLICACIONES.

Aun los mas ignorantes saben, que una piedra hace mas daño mientras cae de mas alto, y que en tales casos corren mas peligro los cuerpos fragiles. No hay necesidad de detenernos en la explicacion de estos efectos, pues todo el mundo los conoce. Solo advertimos, que supuesto, que una mayor massa, cayendo de mas baxo, hace el mismo efecto, que otra menor cayendo de mas alto; se podrá escoger lo mas convenient-

te quando haya necesidad de servirse de alguna potencia , que ha de obrar cayendo de cierta altura ; porque comunmente hay mas ventaja en servirse del peso , que no de una elevacion muy grande.

Nadie duda , por exemplo , que à fuerza de brazos con gran velocidad se claváran finalmente las estacas , se forjáran ancoras , se trabaxára el hierro de las minas en las fraguas en que se prepara por mayor , &c , sirviendose de grandes machos. Pero mucho menos costará , dexando caer de una mediana altura una massa muy pesada , cuyo movimiento esté animado , y arreglado , yà por la fuerza del agua , yà por la del viento.

Hemos visto en general , que la caída de los cuerpos se acelera mas , y mas à cada instante ; veamos ahora con Experiencias la progresion de velocidad , que sigue dicho aumento.

S E X T A E X P E R I E N C I A .

P R E P A R A C I O N .

A B , y C D , (*fig. 10.*) son dos cuerdas , ò de metal , ò de tripas , de cerca de doce pies de largo : estas están muy tirantes , y paralelas , distantes entre sí algunas pulgadas , y formando con el horizonte un angulo de cerca de veinte y dos grados y medio ; G es un mó-
bil,

bil, que corre libremente por la cuerda A B por medio de dos garruchitas; su centro de gravedad està mas baxo, que la cuerda, para que la punta, que està en la parte superior, guarde siempre la misma situacion: H es una péndola algo pesada, que se mueve en dos pernios A, a; la verga sobrefale un poco por arriba hasta f. El tamaño de la péndola ha de ser tal, que no haga mas, ni menos de una vibracion, mientras que el móbil G corre una nona parte de la cuerda A B. Para assegurar se de ello, será buena una regla de madera, que mida la cuerda en nueve partes iguales. En la primera division de la cuerda C D se pone un cymbalillo K, que se podrá fixar por el cabo à la distancia, que se quisiere, sujetandolo con un tornillo. En la punta superior del móbil G hay un mazito, que hace sonar el cymbalillo K al passar por debaxo. Fuera de esta campanita hay otra en la parte I de la péndola H, de diferente sonido; el pedazo de la verga, que sobrefale en f, suelta, al passar, un cabo de seda, en que està atado el móbil G. De modo, que estando todo bien prevenido, el móbil solo podrá partir de su sitio, quando la péndola haya dado el primer golpe en I: y solo se oye el primer golpe del cymbalillo K, quando la péndola dà el segundo: y assi entre el primero, y segundo golpe se passà un tiempo, cuya medida se sabe, y el móbil en dicho tiempo anda un espacio tambien conocido. Hecha

esta primera operacion, se baxará la campanita K, hasta que el segundo tiempo determine el espacio, que anda el móvil G: esto es, hasta que el tercer golpe de la péndola se aúne con el del móvil; y así se procederá en adelante. Después se miden los espacios andados, y se comparan con los tiempos.

E F E C T O S.

Mientras la péndola hace una vibración, anda el móvil G la nona parte de la cuerda; y si continúa moviéndose sin parar, andará tres espacios en el tiempo de la segunda vibración, y cinco en la tercera; de suerte, que su velocidad se acelera; puesto que van aumentando mas, y mas los espacios, que el móvil mide en tiempos iguales; y el progreso de este aumento sigue los numeros impares 1, 3, 5, 7, 9, &c. en donde se ve, que los espacios andados desde el principio de la caída, corresponden al quadrado de los tiempos; porque al fin del segundo tiempo, el numero de los espacios es 4, quadrado de 2; y al fin del tercero es 9, quadrado de 3.

E X P L I C A C I O N E S.

Si la gravedad fuera una fuerza externa, ù otra cosa equivalente; esto es, si la accion contra el móvil fuese como el golpe de un marti-

llo, que al primer choque produce todo quanto puede dàr de sí; siempre sería igual, y uniforme la velocidad (prescindiendo por ahora de los obstáculos exteriores.) Pues no huviera motivo para que variasse, si no huviesse nada, que la hiciesse disminuir, y si cessasse la accion de la potencia de donde proviene. Pero, como hemos dicho, la gravedad es una fuerza, que siempre sigue al mobil, y que à cada instante repite sobre èl sus impulsos. Con que la velocidad de un cuerpo que cae, no solo es la que tenia al empezar à caer, sino la suma de todos los grados adquiridos en el tiempo de la caída.

La gravedad, pues, hace que el mobil G de nuestra Experiencia ande el espacio A I; por consiguiente, subdividiendo el tiempo que se gasta en andar este espacio, se podrá concebir, que à cada instante vâ recibiendo una nueva velocidad; y que quando llega al numero primero, la velocidad es mayor, que en el instante en que salió del punto A.

Para saber evaluar este aumento con exactitud, supongamos que la linea A B (fig. 11.) representa el primer tiempo dividido en seis instantes iguales; y exprimamos los cortos espacios, andados en dichos instantes, con otras tantas lineas perpendiculares à AB. Si la gravedad hace que el móbil ande en el primer instante un espacio igual à *cc*, en el instante siguiente *dd*, será doble; porque juntandose el impulso del

segundo à la del primer instante (que siempre persevera) doblará la velocidad; y así sucederá en los demás instantes. La inspeccion sola de la figura basta para entender, que las velocidades adquiridas están en la misma proporcion, que el numero de los instantes.

Supongamos ahora, que al principio del segundo tiempo, representado por BC , igual à AB , cesse del todo la accion de la gravedad contra el móvil: no por effo dexará éste de baxar, pero sin acelerarse; y andará tantos espacios iguales à BD , quantas partes hay en BC iguales à las del primer tiempo AB . Pero repárese, que la suma de estas lineas es doble respecto de las del primer tiempo, como facilmente puede vérsese, dividiendo el quadrado $BDCE$ en dos triangulos: queda pues demonstrado, que el móvil, en virtud de las velocidades adquiridas en el primer tiempo, se halla en estado de andar un espacio doble, respecto del andado. Y así al llegar el móvil G al fin del primer espacio, aun quando no adquiriesse nueva velocidad, no obstante siempre llegará al numero tres, à la segunda vibracion de la péndola.

Pero si continúa la accion de la gravedad, ésta havrá de producir en el segundo tiempo un efecto igual al del primero. Con que si à la linea DE , que denota un tiempo igual à AB , se le juntan varias lineas iguales en numero, y tamaño à las primeras cc , dd ; los espacios andados

en el segundo instante seràn la suma de los tres triangulos BCD, CDE, EDF, igual tres veces al triangulo ABD.

Del mismo modo, al arrancar el móvil G del punto primero, se halla en estado de andar dos espacios en el segundo tiempo, en virtud de las velocidades adquiridas en el primero, y otro espacio más en consecuencia del nuevo impulso, que recibe à cada tiempo, y de esta suerte llega al numero quarto.

Lo mismo sucede en todos los otros tiempos; y por poca atencion que se ponga, se ve, que el quarto, nono y decimosexto espacio andados, corresponden al segundo, tercero, y quarto tiempo; y que las cantidades, que pertenecen à cada tiempo, tomadas separadamente, son entre sí, como los numeros 1, 3, 5, 7, &c.

De aqui se sigue, que un cuerpo, que ha caído de una cierta altura, se halla al fin de la caída con un cierto grado de velocidad, qual sería necesario para volver à subir tan alto, si alguna causa no le hiciesse mudar de direccion. Y si en efecto vuelve ácia arriba con la velocidad adquirida, su movimiento se retardará al subir, del mismo modo que se havia acelerado al baxar.

Supongamos por exemplo, que el cuerpo A (*fig. 12.*) llegó al punto B con una velocidad acelerada; esto es, andando en el primer tiempo el espacio uno, y en el segundo el espacio dos, tres veces mayor. Si huviesse de subir con

la velocidad , que tiene actualmente , llegaria en el primer tiempo, desde B hasta A , prescindiendo de la accion de la gravedad.

155 Pero si la gravedad llega à retardar este movimiento , su accion contra el móbil , que sube, ferà como contra el móbil, que baxa: imprimiendole una tendencia de arriba abaxo capáz de hacerlo baxar una quarta parte de AB. Y afsi, en vez de subir hasta A , no llegará mas que à C. Y en el tiempo siguiente , siendo tres veces mayor la tendencia , solo hará la tercera parte del camino , que havia andado en el primero : con que en dos tiempos llegará à A , y los espacios andados seràn tres, y uno. De donde se infiere, que la accion de la gravedad , retarda la velocidad de un cuerpo , que sube , siguiendo la progresion de los numeros impares 1 , 3 , 5 , 7 , &c.

APLICACIONES.

La theorica nos confirma la verdad de quanto acabamos de enseñar con la Experiencia precedente , tocante à la aceleracion de los cuerpos graves , y à sus leyes ; y aun en la misma práctica son insensibles las diferencias, si son poco elevadas las alturas , que se examinan , como lo son las que nos han servido. Pero esta theorica no tendrá todo su efecto , si la queremos aplicar à alturas muy elevadas; por ser exorbitante la resistencia de los intermedios , y de los otros ob-

táculos, que pueden retardar la velocidad de los cuerpos, que caen. Yá hemos dado prueba de ello en la segunda Experiencia, y hemos citado otras hechas por mayor en Italia, Francia, è Inglaterra. En quatro segundos y $\frac{1}{4}$ (*a*) cae una bola de plomo de la altura de 272 pies; (*) segun la ley de la aceleracion, que acabamos de fundar, si echamos diez y seis pies (*b*) de espacio en el primer segundo, debiera el móvil andar 289, prescindiendo de toda resistencia exterior; con que andando solos 272 pies, sacamos, que la resistencia del ayre en este caso disminuye de diez y siete pies el producto de la aceleracion.

Aun sería mayor esta disminucion, si la bola, en vez de ser de plomo, fuera de palo, ù de otra materia mas ligera. Porque yá hemos mostrado, que la resistencia del intermedio retarda tan-

(*a*) En el texto de las Transacciones se lee *quatro segundos* y $\frac{1}{2}$; yo quito $\frac{3}{4}$ de segundo, porque allí se cuenta el instante de la caída, por el golpe que se oía desde un sitio de 272 pies de elevacion; y como veremos despues, el ruido, ò el sonido necesita de cerca de $\frac{3}{4}$ de segundo para andar dicho espacio.

(*) *Transact. Philos. n. 562. art. 4.*

(*b*) Dexamos dicho arriba, que un cuerpo, que cae libremente, anda cerca de quince pies en el primer segundo; pero habiendose hecho en Londres la experiencia de que hablamos, hemos de contar diez y seis: porque quince pies de Francia, equivalen con poca diferencia à diez y seis pies de Inglaterra.

tanto mas el movimiento de los cuerpos, quanto es mayor su volumen , y menor su massa : y por las experiencias de Mr. Defaguilliers (arriba citadas) se viò , que una bola de carton , de cinco pulgadas de diametro , gastaba seis segundos y $\frac{1}{2}$ para caer desde la misma altura , que la bola de plomo : quando una caida , que dura tanto tiempo, debiera haver producido 676 pies; esto es , 404 mas de los que produjo.

La diferencia que hay entre la caida de los cuerpos, y entre los otros movimientos, es la direccion solamente ; del mismo modo se percibe en uno , y otro la resistencia de los intermedios : es decir , que no solo se ha de mirar al volumen del móvil respecto de su peso , sino tambien al grado de su velocidad , y à la densidad del fluido por donde passa al caer. Porque mayor fuerza, ò mas tiempo se requiere para separar una cierta cantidad de agua , que la misma cantidad de ayre. Y assi sucede , que quando un cuerpo ha adquirido un cierto grado de velocidad, que lo pone en equilibrio con el intermedio resistente, el movimiento que le queda, es uniforme.

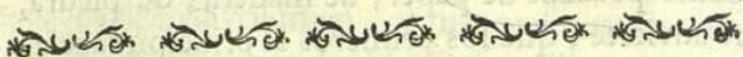
Segun la mayor , ò menor densidad de los intermedios en que se mueven los cuerpos , ò segun el mayor , ò menor volumen , baxo la misma massa , assi será mayor , ò menor el tiempo que necesiten para adquirir este movimiento uniforme. Por esto , quando se arrojan por una ventana varios cuerpos de pesos diferentes,

como pedazos de papel , de madera , de piedra , se advierte , que los primeros al principio aceleran su movimiento hasta doce , ò quince pies , pero despues el movimiento es sensiblemente igual. Por la misma razon el granizo cae con mas prontitud que el agua , y ésta mas presto que la nieve. El agua del Cielo , que fertiliza la tierra , y de quien dispone la naturaleza à medida de nuestras necesidades , si no se detuviera en el camino , assolaria nuestros campos , y habitaciones: y el granizo mas menudo haria mucho daño al que se expusiese temerariamente à los impulsos de su extrema velocidad.

La resistencia de los intermedios quita à la aceleracion de la gravedad del cuerpo que cae , tanto como añade para retardarlo al subir. Y así el cuerpo B (*fig.* 12.) que en virtud de la velocidad adquirida pudiera subir hasta el punto A , de donde baxò , se quedará mas baxo por causa del intermedio que resiste , y que destruye una parte de su movimiento. Quando se dexa caer sobre un pedazo de marmol una bola de marfil , por perfecta que sea la elasticidad de estos dos cuerpos , no por esso se ha de esperar , que

la bola suba hasta el sitio de donde saliò. La experiencia concuerda en un todo con

esta theorica.



SECCION SEGUNDA.

DE LOS PHENOMENOS,
que resultan, quando el movimiento se com-
pone de la gravedad, y de qualquiera
otra potencia

TRaygase aqui à la memoria lo que dexamos dicho acerca del movimiento compuesto, y solo nos quedaràn que hacer algunas aplicaciones de los principios generales, que dexamos establecidos ; porque la gravedad es una potencia, cuya direccion, è intensidad se conocen, supuesto lo que acabamos de decir. Si las otras fuerzas, que concurren con ella al movimiento de un cuerpo, llegan à conocerse ; los diversos efectos, que de ellas pueden resultar, seràn siempre conformes à las leyes del movimiento compuesto, de que hablamos en la Leccion precedente. Veamos ahora los casos mas generales, y de mas utilidad, è interès.

Si un cuerpo no obedece tal vez enteramente à su gravedad, así por lo que mira à la intensidad, como por lo que mira à la direccion, señal es, que hay algun impedimento, que lo detiene, ò que hay alguna fuerza que obra di-

recta , ò indirectamente contra esta primera potencia.

Si el obstáculo se opone directamente à la gravedad , y al mismo tiempo es invencible , como v.g. el hilo de que cuelga la bola A, *fig. 13.* ò como el plano horizontal , que le impide el passar adelante , entonces el móvil se halla entre dos potencias iguales , opuestas en la misma linea ; esto es, la accion de su gravedad , y la reaccion del punto fixo de que cuelga , ò del plano en que descansa : y en tal caso , como queda dicho , el móvil se està quieto. Si el obstáculo puede ceder à la gravedad , entonces el cuerpo se halla entre dos fuerzas , una de las quales obedece segun el exceso de la otra ; en tal caso el movimiento serà simple , pero *retardado*, como sucede quando los cuerpos graves passan , al caer , por intermedios , que aunque resisten , no obstante ceden à la accion del móvil.

Los cuerpos graves , à quienes solo ceden insensiblemente los obstáculos , como la pesa de un Relox , de un assador con ruedas , &c; no permiten que se perciba alguna aceleracion en su caída ; porque en esta especie de maquinas se moderan los movimientos por medio de algunas piezas , que à cada instante vuelven à poner al móvil en el punto de la velocidad inicial ; esto es , en aquel grado de velocidad , infinitamente pequeño , con que empezaria à caer , si estuviese libre.

Para entender el modo con que un cuerpo

està cayendo mucho tiempo, sin parar, y sin acelerar su movimiento, supongamos una bola rodando por una escalera, que tenga las gradas algo anchas; de modo, que al caer de la primera en la segunda, solo adquiriera la bola la velocidad necesaria para ganar el borde, y caer en la tercera; y así de las demás. Es evidente, que al llegar à la centesima grada, la caída será semejante à la de la primera; porque segun la suposicion, cada vez que la bola rueda horizontalmente, pierde la velocidad adquirida en la caída antecedente. Lo mismo sucede, con poca diferencia, aunque no tan sensiblemente, en la pesa de un Relox: al escaparse de las paletas un diente de la rueda *de Santa Cathalina*, se vuelve un poco el uñillo, la cuerda se lia otro tanto, y el peso baxa à proporcion; pero baxa tan poco, que no se percibe à la vista, por durar tan poco la caída; aunque esta no obstante es mas pronta al fin que al principio. Pero la resistencia, que sufre despues el diente siguiente hasta escapar, consume en breve tiempo este corto aumento de velocidad; y yà la segunda caída es igual à la primera; esto es, sucede como si el cuerpo no se huviera movido antes.

Si alguna causa obliga à un cuerpo grave à baxar por una linea obliqua al horizonte, entonces, ò lo reaccion del obstáculo se proporciona à la accion de la gravedad, como un plano inclinado v. gr. ò un hilo de que el móvil está

Fig. 10.

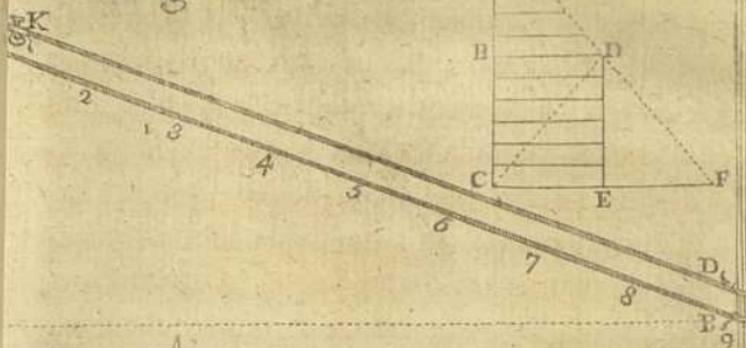


Fig. 11.

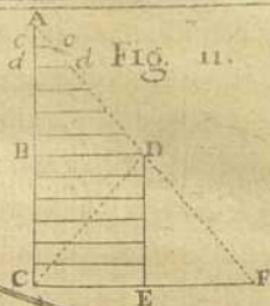


Fig. 13.

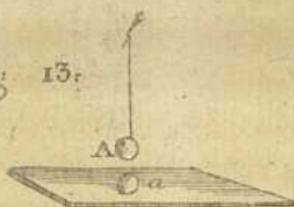


Fig. 12.

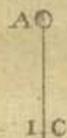
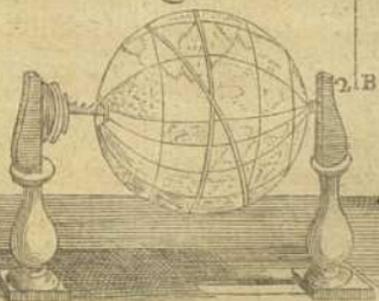
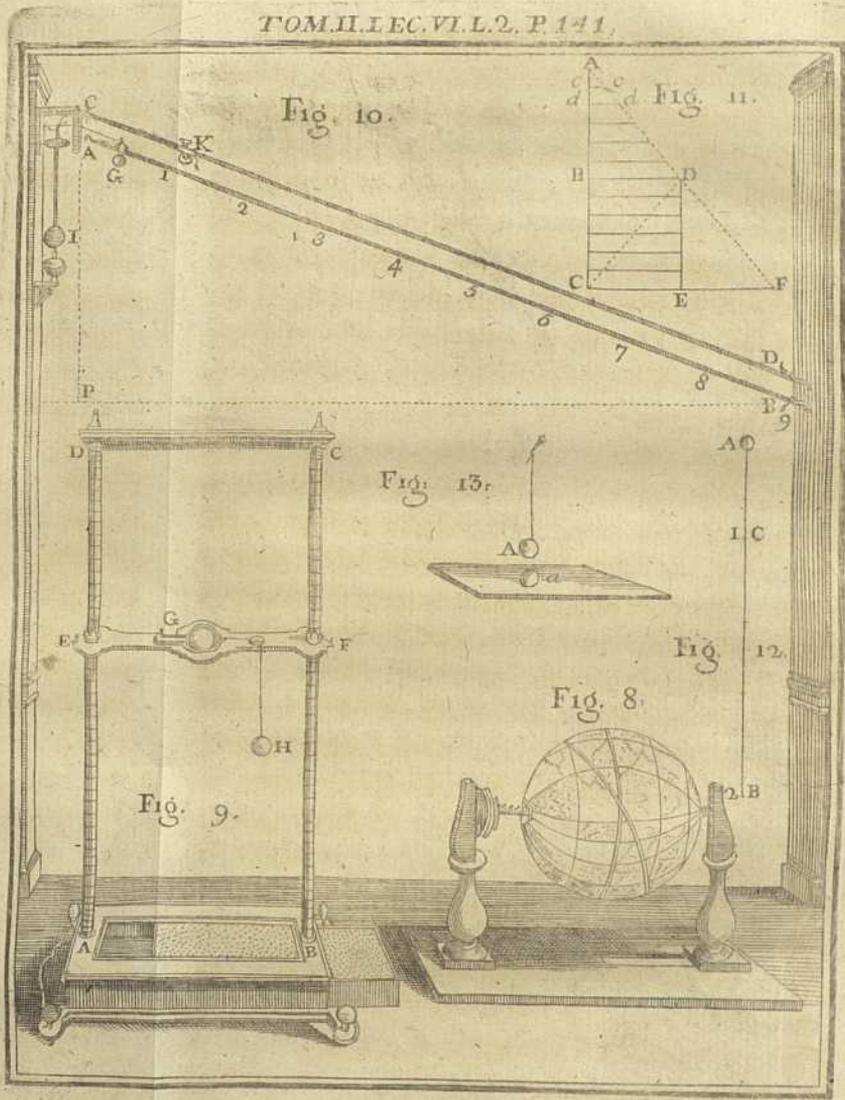
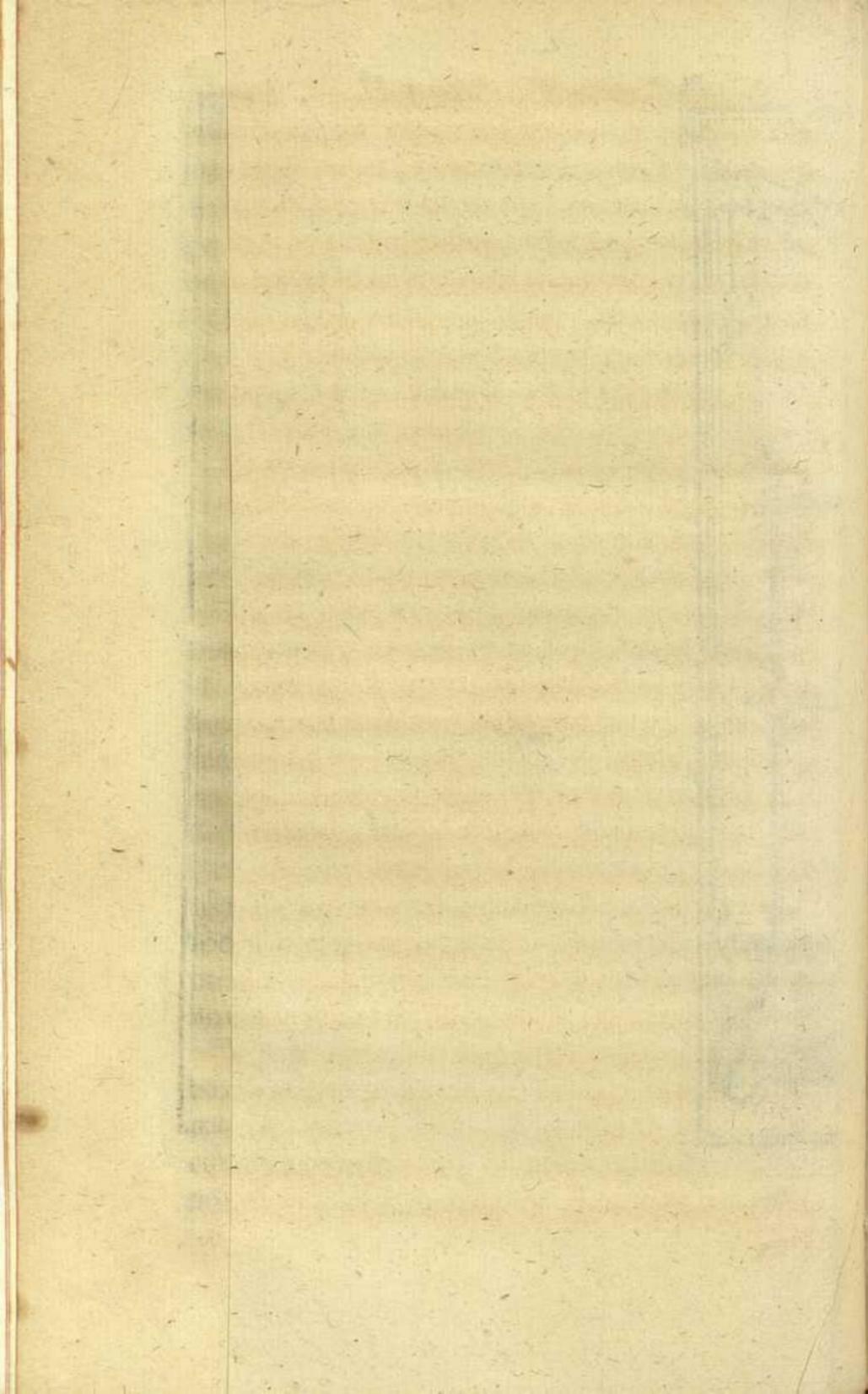


Fig. 8.



Goltz. f.





està colgando ; ò bien havrà una fuerza activa, que tiene su valor determinado , como v. gr. el esfuerzo del brazo , que arroja una piedra , ò el de la polvora encendida, que despide la bala. Examinèmos en particular estos dos casos en los Articulos siguientes.

ARTICULO PRIMERO.

DE LA CAIDA DE LOS CUERPOS
por un plano inclinado.

EL plano inclinado , de que aqui se habla, es aquel , que ni es vertical , como ap , (*fig.* 14.) ni horizontal , como pC ; sino como aC , el qual forma un triangulo con las dos primeras lineas.

El plano serà tanto menos inclinado , quanto mas se elevare sobre el plano horizontal ; ò quanto la linea ap sea mayor respecto de pC . Y assi el plano aC es mas inclinado que aD .

Quando un móbil baxa por un plano inclinado , lo mismo es que haya otro plano sólido, que lo sostenga , guardando una inclinacion constante , ò que haya otra potencia , que tire siempre de èl con una misma proporcion , con tal , que la direccion de dicha potencia forme siempre el mismo angulo con la direccion de la gravedad , como FA , ò fa .

El

El cuerpo grave obligado à caer por una línea obliqua al horizonte , se ha de considerar como si obedeciessè à dos fuerzas , cuyas direcciones son diversas : entonces se compondrà el movimiento siguiendo las leyes , que dexamos establecidas en la Leccion precedente : los efectos que vamos ahora à examinar, no son mas que aplicaciones , y exemplos de lo dicho.

Supongamos , pues , que AP representa la gravedad ; esto es , el espacio que huviera andado el móbil en el primer tiempo de su caída , si baxasse libremente ; y que AF sea otra potencia , que tira de èl àcia el otro lado , y obliquamente : formese con estos dos lados el paralelogramo $PAFa$, como se dixo arriba : y entonces la diagonal Aa darà la direccion , y cantidad del movimiento compuesto. Por aqui se vè , que el móbil estará en a al fin del primer tiempo ; esto es , mucho menos baxo , que si solo huviesse obedecido al impulso de su gravedad.

Si se quiere saber el producto del segundo tiempo , se representarán las dos potencias en otras dos líneas tres veces mayores ; porque la gravedad que huviera impelido al móbil desde A hasta P en el primer tiempo ; le huviera hecho andar la línea ap tres veces mayor en igual tiempo , si el móbil no se detuviesse en el camino.

Este aumento de las potencias darà en el segundo tiempo la diagonal ab tres veces mayor que

que Aa , y en la misma direccion, con tal, que las direcciones de las potencias guarden siempre la misma proporcion. Si se continúa la misma operacion, tendremos finalmente el plano inclinado AC , que resulta de todas las diagonales.

Si se muda la direccion de la potencia, que impide el efecto directo de la gravedad, llegando à quedar v. gr. como ca , en tal caso variará el paralelogramo, y por consiguiente variará tambien la diagonal, en que se exprime el movimiento compuesto: Y el móvil, en vez de baxar por ab , baxará por ag , ò por ah ; de forma, que si la mudanza de la direccion fuese tal, que llegasse à ser un impedimento perpendicular à la tendencia de la gravedad, como v. gr. ea , en tal caso no se retardaría de ningun modo la caída del móvil: y al contrario se retardaría totalmente, si la resistencia obrasse en un sentido directamente opuesto, como ai . Esto no necesita de explicacion.

De estos principios se infiere lo primero, que un cuerpo nunca cae tan presto por un plano inclinado, como por una linea vertical, que es su natural direccion. Porque en vez de andar en el primer tiempo el espacio AP , solo anda el espacio Ak ; y ninguno de los puntos b, g, h , está tan baxo como p .

Lo segundo, que mientras el plano es mas inclinado, se retarda mas la caída; porque ba-

xando el móvil por el plano aC , solo anda la línea ab en el tiempo en que huviera andado el espacio ag , si huviera baxado por el plano aD , menos inclinado; y si el plano fuese totalmente horizontal, por mas que el cuerpo se moviese, nunca llegaría à caer.

Lo tercero, que la gravedad, aunque se retrarde, siempre acelera la caída de los cuerpos, segun las mismas leyes, y proporciones, que la gravedad, que obra sola, y libremente. Porque la línea ab , producto del segundo tiempo, es tres veces mayor que Aa , producto del primero. Y esta diferencia es semejante à la de las líneas AP , ap , que denotan las caídas libres.

Lo quarto, que se puede comparar la velocidad de un móvil, que baxa por un plano inclinado con la del mismo cuerpo, si éste cayese libremente por la línea vertical. Generalmente hablando, se pueden comparar entre sí los grados de velocidad de dos cuerpos, que baxan por dos planos diversamente inclinados; puesto que se sabe lo que cada uno baxa en cada instante sin pararse, como Aa , ab , sobre un plano, cuya inclinacion se conoce; y que se sabe tambien la diferencia de los espacios que andan dos móviles en dos planos diferentes, como ab , ag , en tiempos iguales. Y así, tomando por termino de comparacion el tiempo que gastaría el móvil en baxar perpendicular-

men-

mente, desde lo alto del plano ap , se halla que el tiempo que dura la caída por el plano inclinado, es tanto mayor, quanto el plano, ò la línea aC , ò aD es mayor que la línea ap . Pongamos esto mas claro con una Experiencia.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Disponganse las cuerdas de la *fig.* 10. de modo, que formen un plano inclinado AB dos veces mas largo, que alto: ajústese la péndola de forma, que solo haga una vibracion mientras, que una bolita de marfil cayga de la altura AP . Si el móvil G arranca al mismo tiempo que esta bola,

E F E C T O S.

No llegará à la extremidad del plano inclinado hasta el fin del segundo tiempo; esto es, la duracion de su caída será à la de la bola de marfil, como lo largo del plano inclinado es à su altura.

Supongamos, que ap (*fig.* 14.) (que es la altura de un plano inclinado) sea el diametro de un circulo; y tomese esta línea por el producto de la caída perpendicular en un tiempo dado: la mitad de la circunferencia de este

circulo passará por la extremidad de todas las caídas obliquas b , g , h . Este methodo, conocido una vez, es mas simple para saber sin detencion la proporcion, que hay entre la caída obliqua ML , MN , &c, (*fig. 15.*) y entre la caída perpendicular MP . Esto no es mas que un compendio de la regla que dimos al principio; y es muy suficiente, en caso que se sepa la inclinacion del plano.

De aqui se sigue esta proposicion general:
Que un cuerpo, para baxar obliquamente por qualquier cuerda de un circulo, necessita tanto tiempo, como para baxar por todo el diametro de este mismo circulo, puesto verticalmente.

Esto queda demostrado por lo que mira à las cuerdas, que nacen del punto M , (*fig. 15.*) si nos acordamos de lo que queda dicho tocante à ab , ag , (*fig. 14.*) &c. La misma prueba sirve para OP , OQ , y otras semejantes; pues siendo paralelas à ML , MN , &c, serán tambien iguales à ellas en longitud, è inclinacion. Con una Experiencia se entenderà mas facilmente esta demonstracion.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 16. representa un gran circulo , de tres pies y medio de diametro , en cuyas extremidades hay dos agujeros , que reciben successivamente una alidada B C , la qual revolviendose en los puntos A, y B alternativamente, podrà medir todas las cuerdas del circulo. Dicha alidada tiene en la parte superior una media caña, por donde pueden correr dos bolas de cobre, ò de plomo , de cerca de seis lineas de diametro. Una de ellas se sujeta en A con unas pinzas D, que le impiden el movimiento mientras no se tire del hilo , que sujeta el muelle de las pinzas. Si se quiere poner la otra bola de manera , que cayga en el punto B , se pone en el centro de la alidada , &c. La bola se sujeta con unas pinzas como las primeras; las quales tienen una abrazadera mobible , que se fixa con un tornillo E en el punto en que se quiere sujetar la bola. Esta misma abrazadera tiene por detrás otra grapa , con la qual se fixa la alidada en la circunferencia del circulo al grado de inclinacion que se quiere. Si se quiere , que la segunda bola baxe por una cuerda tirada del punto A , se pondrà en el la alidada , y la bola en la media caña precisamente en el centro del mo-

vimiento, de modo, que se vèa por el agujero A. En este mismo agujero se mete un pedacito de palo redondo, que se mueva libremente: sobre èl se pone la otra bola, y ambas se sujetan à un tiempo con las pinzas, quedando entre las dos el cilindro de madera. En la alidada hay otra pieza mobible, con que se determina el punto en que acaba la cuerda, que se mide.

E F E C T O S.

Estando la alidada en la direccion BC, se tirará del hilo, que està atado à las abrazaderas de las dos pinzas; y entonces, soltandose las bolas en el mismo tiempo, caen, y llegan à encontrarse en el punto B al mismo instante. Este efecto nunca varía, aunque varíe el tamaño de la cuerda por la mayor, ò menor inclinacion de la alidada. De la misma suerte si la alidada està en A, las dos bolas llegaràn al mismo tiempo, una à B, y otra à F, sea la que se fuere la distancia entre el punto A, y el punto B en la circunferencia del circulo. Esto se conoce en que al caer la bola, que dà en el obstáculo de la media caña, y la otra, que dà en el punto B, solo se oye un golpe.

EXPLICACIONES.

Supuesto lo que queda dicho, se entiende facilmente el efecto de la Experiencia, si se ha puesto atencion à las demonstraciones. Pero contentandose con saber en general la causa de que un móvil en tal caso gaste el mismo tiempo en andar dos caminos, uno mayor que otro (lo que parece paradoxa) se reparará, que un cuerpo grave al caer nunca anda mas que quando su direccion es perpendicular al horizonte: y al contrario nunca anda menos, que quando cae por un plano casi horizontal: porque si la alidada estuviese puesta en la direccion *Be*, ò *Af*, la bola de ningun modo baxaria. De aqui se sigue, que las lineas descriptas al caer serán tanto menores, quanto fuere mayor su inclinacion al horizonte, ò quanto mas lexos estén de la direccion vertical, que para el assumpto es lo mismo.

APLICACIONES.

Es cierto, que el plano inclinado, à igual altura, es siempre mayor, que el vertical; y assi una subida poco pendiente, una escalera, &c. nunca conducen à una cierta elevacion por el camino mas corto. No obstante vemos, que siempre se prefieren estos medios à otros, que

conducirian en menos tiempo. Quando se quiere llegar en carruage à un sitio muy elevado, quando se quieren subir algunas cargas muy pesadas, como los toneles de vino al sacarlos de la bodega, quando de los barcos se facan à tierra los marmoles, &c, casi siempre nos servimos de planos inclinados, que piden mas tiempo, que una subida mas derecha. Con que alguna razon havrà para determinarnos à perder algun tiempo; porque naturalmente siempre se eligen los medios mas prontos. Sin duda que la hay: porque si el plano inclinado detiene la velocidad de los cuerpos, quando éstos baxan, tambien se necesita entonces menos fuerza para contenerlos al caer; y estando sostenidos de esta suerte, es mucho mas facil vencer la resistencia del peso, yà se quieran tener quietos en algun sitio; yà se quieran transportar de abaxo arriba. Con que quando se escogen estos planos para subir los cuerpos graves, ò para amortiguar su peso al baxar, el tiempo que se echa de mas no se pierde, sino que en tal caso se muda en fuerza la velocidad. Y esta libertad de escoger entre una, y otra es muy util, y ventajosa en la mecanica. Aqui pudieramos examinar la proporcion, que hay entre la velocidad, que se pierde, y la fuerza, que se gana contra el móbil, quando se le hace subir, ò baxar por un plano inclinado. Pero en tratando de las maquinas, que sirven para el movimiento, hablarèmos de esta question. Aun-

Aunque la velocidad actual de un cuerpo, que baxa por un plano inclinado, es siempre menor, que la del mismo cuerpo al baxar perpendicularmente, no obstante se dirà con verdad, que la velocidad adquirida en cada punto de la caída obliqua es igual à la que huviera adquirido, si fuessè perpendicular la direccion de la caída desde la misma altura. No hay mas diferencia, sino que se necesita mas tiempo para adquirir esta velocidad por un movimiento obliquo, que por un movimiento perpendicular al horizonte.

Con que quando el móvil A (*fig. 17.*) està en *a*, tiene la misma velocidad, que si huviera caído por A *a*, ò por M *i*; quando està en *b*, tiene la misma, que si viniesse por B *b*, igual à M *2*. Al fin de la caída por A *a*, *a b*, *b 3*, la suma de las velocidades adquiridas serà igual à la que huviera adquirido baxando por M *3*. Esto nace de que la altura vertical de M *3* es igual à la altura vertical de las otras tres juntas, y de que la aceleracion por el plano inclinado es proporcional à la de una caída vertical, y libre.

Ahora pues: hemos dicho, que el móvil en virtud de la aceleracion de su caída adquiere una fuerza capaz de hacerlo subir al sitio de donde cayò; y que dicha aceleracion sigue las mismas leyes en la caída obliqua, que en la perpendicular al horizonte. Uno, y otro lo probaremos con varias Experiencias, en que se

verà, que un cuerpo grave sube tanto como ha-
via baxado, en qualquier direccion, que se su-
ponga la caída, y la subida. Pero para pro-
barlo todo al mismo tiempo, diremos antes una
palabra acerca de la caída de los cuerpos por lí-
neas curvas.

En otra parte queda dicho, que la línea
curva se ha de considerar como una série de mu-
chas líneas rectas contiguas, è inclinadas mu-
tuamente entre sí: con que el móbil, que sube,
ò que baxa por una línea curva se podrá consi-
derar como si anduviese muchos planos incli-
nados. Apliquèmos, pues, successivamente à
todas estas partes diversamente inclinadas, todo
lo dicho sobre un plano, cuya inclinacion sea
uniforme, y facilmente hallarèmos la causa de
las variaciones, que nacen de las diversas cur-
vaturas en el movimiento de los cuerpos graves,
sea de arriba abaxo, sea de abaxo arriba.

Para la mas facil inteligencia, supongamos,
que el quadrante A E D (*fig.* 18.) estè com-
puesto de quatro líneas rectas: mientras el mó-
bil anduviere por ellas, siempre se mantendrá
sobre diversos planos, tanto mas inclinados,
quanto mas se acerque al termino de la caída
D. Supuesto todo lo arriba dicho, es evidente,
que gastaria mucho menos tiempo en andar la
parte A B, que no la parte E C, ò C D, si el
efecto de la gravedad fuera uniforme; porque la
línea A B se acerca à la direccion vertical mu-
cho

cho mas que las otras. Pero en virtud de la aceleracion, si el móvil se halla de C en E sobre un plano mas inclinado, havrà adquirido mas velocidad, y así como la velocidad actual del móvil en el punto C depende de las velocidades particulares, que le dexa tomar la inclinacion de las otras partes; del mismo modo puede haver una linea curva, en que (acercandose à la vertical las primeras partes) sea mas pronto el principio de la caída, y mucho menor el tiempo que gaste el móvil en caer. De esta naturaleza es v. gr. la linea E G H (*fig. 19.*) que se llama *cycloide*, curva muy famosa en la Geometria por el gran numero, è importancia de sus propiedades, y no menos en la mecanica por el uso que de ella hizo Mr. Hughens, quando aplicò à los relojes las vibraciones de la péndola.

Un móvil, pues, nunca cae tan presto por un arco de circulo como por un arco de cycloide de la misma altura, (*fig. 19.*); porque el principio de la curvatura en el arco de circulo se aparta mas de la direccion vertical, que no el de la cycloide; y las detenciones, que al fin nacen de la inclinacion del plano, no se compensan suficientemente por las velocidades adquiridas de antemano. Con esta razon se explica un efecto, al parecer, mas singular; y es, que la caída por la cuerda con que se mide el arco H I, aunque mas corta, no obstante no es tan

pronta: lo qual se opone à la prevencion en que estamos, de que el camino mas corto necessita siempre menos tiempo para andarse.

Yà es razón, que probemos, que los cuerpos suben à la misma altura de donde baxaron, supuesta la direccion, que se quisiere al caer, y por qualquier especie de linea, que se quieran dirigir al subir.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN el centro de la maquina de que nos servimos en la Experiencia passada, se clavarà una péndola, compuesta de una hebra de seda, y de una bala de plomo, que tenga siete, ù ocho lineas de diametro. Pongase la maquina à nivèl con los tornillos del pie, de modo, que el hilo de la péndola, estando parada, quede paralelo à la linea A B. Havrà tambien dos agujas de hierro, que se fixaràn perpendicularmente al plano del circulo, una en los puntos *c*, y *d*, (*fig.* 20.) y otra en los puntos *e*, *f*, *g*, successivamente.

EFFECTOS.

Si la péndola, al caer libremente del punto

h, no halla algun obstáculo en la linea *ab*, subirá la bala hasta *g*; si hay alguna aguja en el punto *c*, subirá hasta *f*; y si la aguja está en *d*, subirá hasta *e*. Para saber facilmente hasta qué sitio se levanta la bala, se pondrá la otra aguja en los puntos *e*, *f*, *g*, y se verá que llega à tocarlos.

EXPLICACIONES.

Cayendo la bala de la péndola desde *h* hasta *b*, sin encontrar algun impedimento en el camino, es fuerza, que emplee la velocidad adquirida en virtud de la aceleracion, describiendo un arco de circulo, cuyo centro es el mismo, que el del arco descrito al caer; la aguja, que despues se halla en el punto *c*, ò *d*, es otro punto fijo, al rededor del qual emplea la bola el movimiento que le queda; y en lugar de describir el arco *bg*, sube por *bf*, ò *be*, segun el tamaño del radio, que le queda despues de encontrar con la aguja: pero aunque sean diferentes los arcos por donde sube, facilmente se vé, que siempre llega à la misma altura, porque los puntos *d e f g*, están en la misma linea.

Esta Experiencia probaria mas de lo necesario, si el centro de la bala llegasse exactamente à la linea *dg*; porque la resistencia del ayre, y algunos frotamientos inevitables, le hacen

siempre perder alguna porcion de la velocità. Y así se notará, que quando la bala toca la aguja en el punto *e*, *f*, ò *g*, falta todo el semidiámetro para que su centro llegue à dicha altura.

Naturalmente nos conduce esta Experiencia à decir algo del movimiento, que llaman *Oscilatorio*. El uso frecuente, que se hace de él en los relojes, y la union que tiene con la Phisica, por los medios de que se valen para su execucion, nos obligan à dár una corta noticia de lo que mas importa saber. Pero nos ceñiremos solamente à lo que permitiere la experiencia, dexando lo que puramente pertenece à la Mathematica, para que se consulte con los sabios escritos de los Cavalleros Galilèo, Hughsens, de Mayrán, &c, y en otros Extractos que han salido à luz.

Llamase *vibracion*, ò *oscilacion de péndola* el movimiento de una bala de plomo, ò de otro qualquier cuerpo equivalente, colgado de un hilo, ò al fin de una verga, que describe un arco, revolviendose al rededor del punto fixo en que està sujeta la otra extremidad, como vimos en la Experiencia passada.

Dos especies hay de péndolas; la simple, y la compuesta.

La simple sería aquella en cuyo hilo de suspension no huviesse gravedad alguna: y cuya bala solo pesasse en un punto, como si

v. gr. toda su gravedad residiese en el centro.

La compuesta es la que tiene diversos pesos en varios puntos de la verga, ò hilo, como si v. gr. huviesse en ella dos balas, una sobre otra. Tambien se ha de mirar como compuesta (aunque comunmente se llame *simple* hoy dia) la péndola, que solo tiene una bala en la verga, si ésta pesa mucho, ò si la bola es muy grande (que es lo que se practica con mas frecuencia.) Lo que vámos à decir por ahora tocante à la theorica de la péndola, se ha de entender de la mas simple; conviene à saber, de aquella, cuya gravedad estè toda en el punto *b*, (fig. 20.)

Este punto de gravedad, que es el que describe los arcos, se llama *centro de oscilacion*, y el punto *a*, en que se revuelve, se llama *centro de movimiento*.

Pongase en el punto *b* la bola *b* de la péndola *b a*: dexese caer libremente, y se verá, que la gravedad, obligandola à que baxe, hace que describa el arco *h b*, supuesto, que el hilo de suspension la mantiene siempre à igual distancia del punto *a*. Por otra parte sabemos, que un cuerpo, que baxa de este modo por uno, ò por muchos planos inclinados, adquiere la misma velocidad, que si huviera baxado perpendicularmente de la misma altura *d b* del plano: luego havrà de continuar su movimiento, su-

bien-

biendo hasta el punto g ; esto es, hasta una altura igual à la que tenia quando empezò à baxar. Toda su velocidad se acaba al llegar al punto g , y por consiguiente no puede passar adelante; pero no por esto se quedará sin movimiento, porque su gravedad la obliga à baxar; y hallandose en las mismas circunstancias que quando estaba en b , volverà desde el punto g al punto b , y desde b subirà hasta h ; y de este modo hará todas las otras vibraciones. En donde se vè, que ninguna cosa se acerca mas al movimiento continuo, que el movimiento de una péndola; porque si los intermedios no resistiessen, siempre serian iguales las oscilaciones; puesto, que siempre hay en la bola la velocidad suficiente para subir à la altura de donde ha de baxar para tomar otra tanta fuerza.

Esto se prueba bellamente con la maquina de la *fig. 17.* de la Leccion IV, sirviendose de un hilo muy fino, y una bala de siete, ù ocho lineas de diametro; porque procediendo de esta fuerte, la resistencia del ayre es muy corta, y todas las vibraciones se dividen en dos arcos sensiblemente iguales, en el punto mas baxo de la caída.

Arriba queda dicho, y probado, que el tiempo de la caída por la cuerda de un circulo es igual al de la caída por el diametro vertical del mismo circulo. Queda tambien notado, que un móbil cae con mas prontitud por un arco de

circulo , que por la cuerda del mismo arco ; porque aunque ésta sea menor que la curva , que le corresponde , no obstante como dicha curva está menos inclinada al horizonte por la parte superior , le facilita al móvil una velocidad inicial , y una aceleracion , que no solo recompensa el exceso de la curva respecto de la cuerda , sino que llega à ser superior à dicho exceso. Ahora pues : así como la caída por la cuerda es mas pronta , si es menor el diametro del circulo , (pues la tal cuerda es tambien menor , supuesto los mismos grados de inclinacion) así tambien la caída por el arco será mas pronta , si es menor la circunferencia del circulo ; porque aunque el arco sea semejante à otro de otro circulo mayor , teniendo el mismo numero de grados , no por esso dexa de ser menor la extension de dicho arco , como puede verse , comparando el arco bc con el arco DH de la *fig.* 19. Supongamos , que la extension es la misma ; no obstante la parte superior del arco está menos inclinada al horizonte , que la cuerda de este mismo arco , como puede notarse , comparando la parte superior ab con la cuerda $a3$ del arco $ab3$. (*fig.* 17.) Por qualquiera de estas dos razones habrá el móvil de acabar su caída mas presto por el arco que por la cuerda. La ultima causa no obstante tiene tanta fuerza , y contribuye tanto à la aceleracion del móvil , que las mayores vibra-

braciones en la misma circunferencia de un circulo duran casi tanto como las mas cortas.

Esto basta para conocer, que hay una cierta proporcion entre la duracion de una media vibracion (esto es, la caída de D à H) y lo largo de la péndola, ò del radio, que conduce al móvil por el arco. A la verdad, teniendo el tamaño de la péndola, se sabe quanto dura su media vibracion, y por consiguiente su vibracion entera. Porque quando el móvil *b* està en el punto *z*, ultimo de su caída, se ve obligado à subir hasta *c* (*fig.* 17.) en virtud de la velocidad adquirida, gastando igual tiempo en subir que en baxar; de suerte, que la vibracion total se hace en dos tiempos perfectamente iguales, y una vez que se conozca la mitad, se conoce el todo por consiguiente.

Esta proporcion es tal, que si se dexa caer verticalmente un cuerpo grave de una altura, que iguale dos veces al tamaño de la péndola, y al mismo tiempo se le hace à ésta describir un arco pequeño; en tal caso el tiempo que gastará en la media vibracion, será al tiempo que se gaste en la caída vertical, como la quarta parte de la circunferencia de un circulo es à su diametro; esto es, algo menor, y en la proporcion de onze à catorce, con poca diferencia.

Supongamos dos péndolas, y que la una haga sus vibraciones en dos, tres, ò quatro tiempos, mientras la otra las hace en uno. En tal caso la primera ha de ser 4, 9, ò 16 veces mayor que la segunda. De donde se infiere, que el tamaño de las péndolas es como los quadrados de los tiempos, que miden con sus vibraciones, porque 16 es el quadrado de 4; 9 el de 3; y 4 el de 2.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Quítese la alidada de nuestra maquina, (*fig.* 16.) y dexese en ella la péndola, como en la Experiencia precedente. La bola se sujetará à una mediana altura (como en el punto G v. gr.) con unas pinzas, que se fixan en la circunferencia del circulo: la otra bola se sujetará del mismo modo en el punto A, y los muelles de las pinzas se apretarán de modo, que al tirar del mismo hilo, se abran al mismo tiempo.

El mastil H K ha de ser tres veces tan largo, como el diametro A B del circulo, para que una de las bolas se pueda poner à la altura que se quisiere.

E F E C T O S.

Primero : Abranfe las dos pinzas ; las dos bolas arrancan al mismo tiempo , y la de la péndola passá por el punto B un poco antes que llegue la otra.

Segundo : Ponganse las pinzas , y la bola A à la extremidad del mastil , de modo , que esté quatro veces tan alta como el diametro A B. Tirese del hilo , y se verá sensiblemente acabar toda la vibracion de la péndola , antes que la bola A llegue al punto B. Lo qual puede observarse facilmente poniendo algun cuerpo sonoro en el termino de la vibracion.

Tercero : Haganse oscilar por iguales arcos dos péndolas del mismo tamaño , como G , y M. Si arrancan al mismo tiempo , siempre se llegaràn à juntar en el punto B.

Quarto : Si son desiguales los arcos , la que anda los menores , llegará à preceder à la otra , despues de algunas vibraciones.

Quinto : Finalmente , si las péndolas son desiguales , aunque lleguen à partir al mismo tiempo , no obstante la menor hará sus vibraciones en menos tiempo que la otra ; y si los tamaños tienen entre sí la proporcion de uno à quatro , la mayor hará una vibracion , mientras hace dos la otra.

EXPLICACIONES.

Con todo lo arriba dicho quedan sobradamente explicadas estas experiencias, y los medios de que nos hemos valido para hacerlas. Los efectos se pueden aplicar facilmente, y con ellos quedan evidentemente probados los principios ultimamente establecidos.

El primer efecto v. gr. prueba (contra la opinion de muchos Autores) que la caída por un arco dura menos tiempo que por la cuerda; puesto que es mas pronta que por el diametro: y queda demostrado, que el tiempo es igual, yà cayga por el diametro, yà por una cuerda qualquiera.

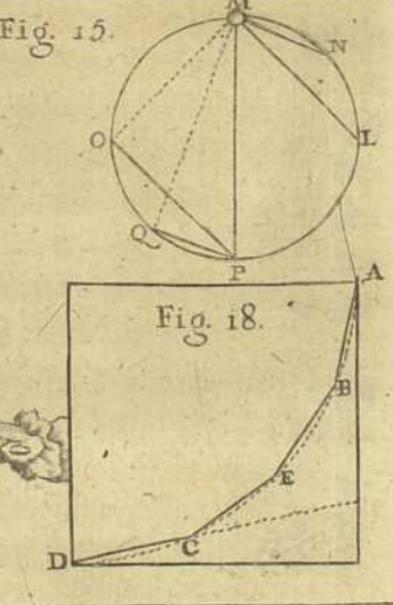
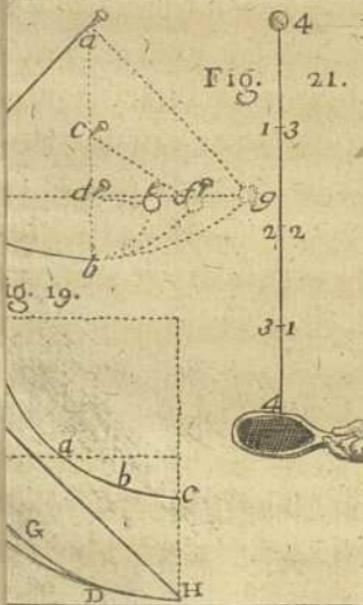
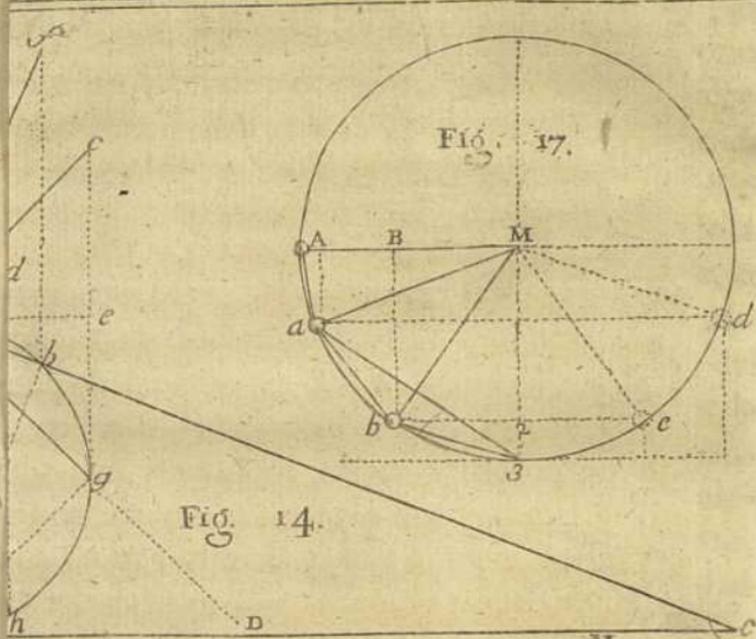
El segundo confirma tambien esta doctrina, y pone à la vista, que el primer efecto no es casual; porque si durasse tanto tiempo la media vibracion, como dura la caída vertical; mientras se hace la vibracion entera, debiera caer el móvil de una altura vertical, tan grande como quatro veces el diametro. Porque una vibracion se hace en dos tiempos iguales; y por otra parte el efecto de la gravedad en el segundo tiempo, es tres veces mayor que en el primero. No obstante se ha visto, que cayendo la bola de una altura quadruple de la primera, es aún mayor, y mas sensible la diferencia entre el tiempo de su caída, y el de la vibracion entera. Es, pues, muy

importante, aun en la práctica, (por lo que mira à la duracion) no confundir la caída por la cuerda con la caída por un arco pequeño; porque ésta dura mucho menos que por el diametro; y la del diametro dura tanto como la de la cuerda.

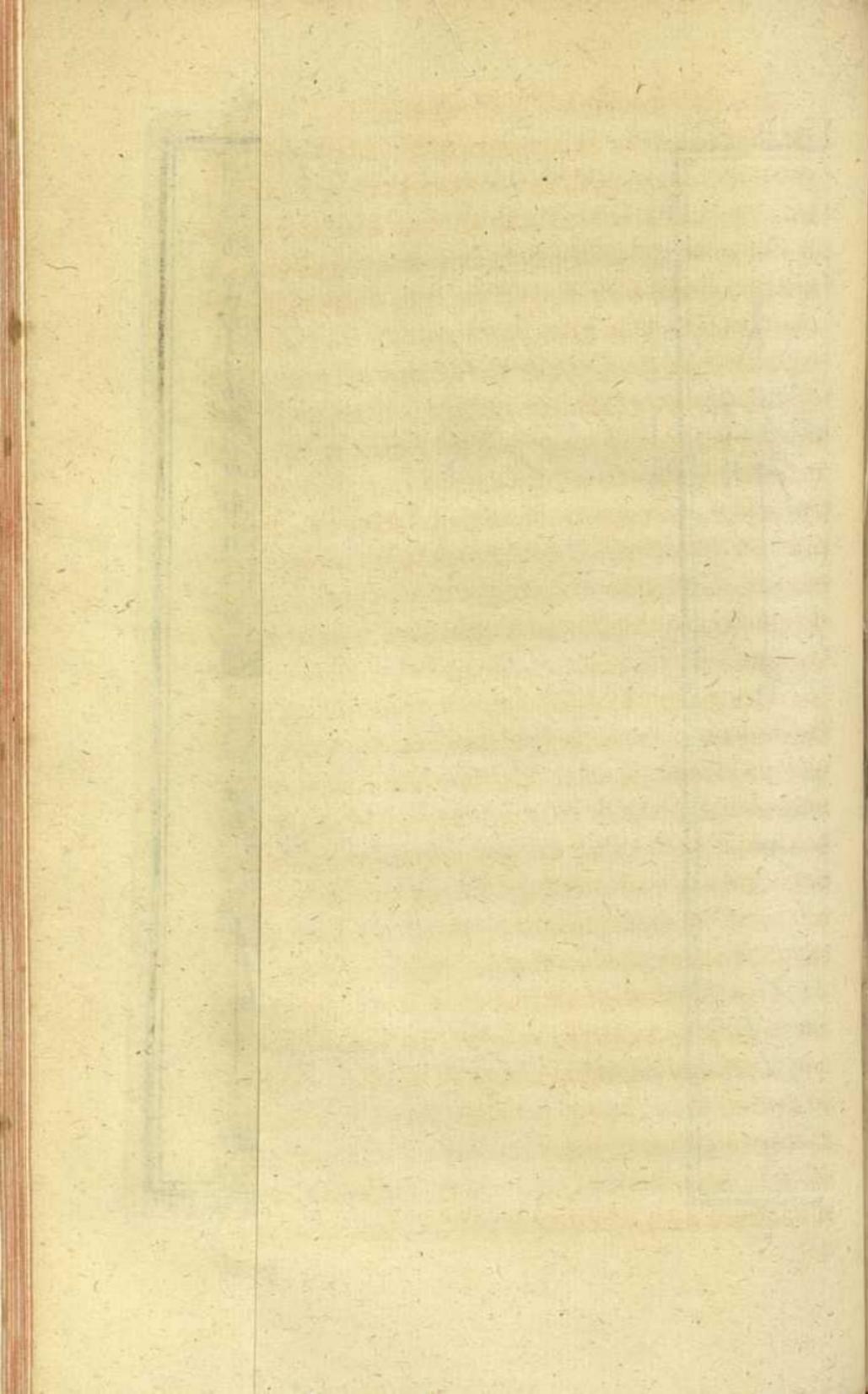
Seria muy util poder poner à la vista, sirviendonos de estas experiencias, la verdadera proporcion que hay entre la duracion de la caída vertical por lo largo, ò por el doble de la péndola, y entre su media vibracion; pero en el modo de proceder en lo mecanico no cabe tanta exactitud, y aun nuestros mismos sentidos tendrian grande dificultad en determinarla. Tampoco quiero dexar de decir, que muchas de las experiencias que hacemos, por lo que mira al movimiento de los cuerpos en general, más bien son como imagenes, que facilitan la inteligencia, que no pruebas, que aseguran la theorica; y que por consiguiente, ni serán útiles, ni agradables à los que tienen en la Mathematica bastantes principios para decidirlo de una vez con la demonstracion.

APLICACIONES.

Todos saben quàn importante sea poder medir el tiempo exactamente, no solo para la vida civil, poniendo en orden nuestras acciones, y arreglando las obligaciones del estado particu-



Compt.



lar de cada uno; sino tambien para la mayor parte de las Ciencias, especialmente para la Astronomia, y la Physica, en donde muchísimas veces la duracion del tiempo es el principal objeto de nuestro estudio, y el medio mas apto para formarnos una justa idea de la causa. La péndola, segun parece por lo que acabamos de probar, es el instrumento mas à propósito de todos quantos se conocen, para medir las partes iguales del tiempo, y darnos à conocer la cantidad por la duracion, y numero de sus oscilaciones. Siempre nos quedarèmos cortos por mucho que alabemos à los que hicieron este descubrimiento, ò supieron aplicarlo con felicidad à la utilidad comun.

Luego que Galilèo hallò las propiedades de la péndola, conociò las muchas ventajas que podian sacarse de ella. Y con el uso que hizo de su hallazgo, logrò en sus observaciones, y experiencias una exactitud, y precision, dificiles de encontrar con otros medios, y que le recompensaron en algun modo el penoso trabajo que esta invencion pudo costarle.

Pero la péndola de que èl se servia, solo era buena para una cierta cantidad de tiempo; porque la resistencia del ayre iba disminuyendo poco à poco el vuelo de las oscilaciones, y éstas finalmente cessaban del todo, si alguno no tenia cuidado de animar de quando en quando el movimiento. Fuera de esto, era preciso contarlas una
por

por una , para saber la suma de todas : y esta sujecion molesta impedia muchas veces la exactitud necesaria en los instantes del tiempo. De modo , que por entonces solo era bueno este instrumento para un Philósofo , sin que pudiesse aprovecharse de él el comun de los hombres , que siempre prefieren la facilidad à la exactitud , quando no vienen juntas una con otra.

El año de 1657. hizo Mr. Hughens una aplicacion de la péndola , de modo , que todo el mundo pudo aprovecharse de ella. Aplicóla à los Reloxes para arreglar su movimiento ; tuvo tan feliz éxito esta ingeniosa addicion , y fuè tan generalmente recibida , que desde entonces tomaron el nombre de *péndola* los Reloxes de estrado.

Para saber el modo con que la péndola dà la mayor exactitud à los Reloxes , es necesario saber , que el alma de esta suerte de instrumentos es un muelle , ò un peso , que ponen en movimiento un cierto numero de ruedas ; en virtud de este movimiento , anda tambien la mano del quadrante , y passa sucesivamente por todas sus graduaciones. Si no huviesse una pieza , que moderasse el movimiento , éste seria muy precipitado ; y la mano , que señala las horas , jamàs pudiera andar con tanta lentitud , que solo diese dos vueltas en veinte y quatro horas.

Pero si el *moderador* no và igual , yà por defecto proprio , yà por dexarse gobernar por las

desigualdades de las ruedas, ò del muelle, el movimiento será entonces desigual, y la mano no gastará igual tiempo en andar las partes iguales del quadrante: por consiguiente unas horas parecerán mas largas, y otras mas cortas de lo que conviene.

A este moderador, ò *escápe*, imperfecto hasta entonces, se le substituyó la péndola del modo que se sigue.

Todas las ruedas del Relox se *endientan*, ò traban reciprocamente una con otra; de modo, que, ò todas, ò ninguna se han de mover, ò parar al mismo tiempo. Con que si una de ellas va regularmente, será tambien regular el movimiento de las otras. Hay, pues, una rueda, que se llama *de Santa Cathalina*, la qual no puede moverse mientras no se levante, ò se aparte una de las paletas, ò rodajas del moderador, para dexar passar uno de los dientes de la tal rueda. Con que si es igual el tiempo, que se passa de un diente à otro, y la rueda está dividida exactamente, no se podrá negar, que su movimiento, y el de todas las otras será perfectamente uniforme. A esta pieza, pues, en que están las paletas (y que yo llamo *moderador*) se le aplicó la péndola, para que sus vibraciones, supuesto que son iguales, rectifiquen las cortas irregularidades, que pueden nacer de las ruedas, ò del muelle.

Hemos dicho, que las oscilaciones, que se hacen por los arcos de un mismo circulo, no son per-

perfectamente iguales, quando no son iguales dichos arcos. Aunque esta diferencia sea muy corta, y pueda no contarse por nada, quando solo sirve poco tiempo, no obstante, si las oscilaciones son muchas, sería sensible el producto de estas cantidades multiplicadas. Este inconveniente se le presentò à Mr. Hughens; no dexò de ver, que podian ensuciarse las ruedas, espetarse el aceyte, aumentarse el frotamiento, y en una palabra, que se podia amortiguar el movimiento, y que la péndola bien arreglada para hacer sus oscilaciones de un cierto determinado vuelo, podia despues hacerlas mas cortas. Esto lo determinò à buscar una linea curva de oscilacion, en la qual fuessè indiferente el tamaño de los arcos descriptos por la péndola. El éxito de su trabajo, en que tomaron parte varios Sabios, fuè tanto mas feliz, quanto su objeto era mas curioso, y de mas interès en la Geometria. Hallò, pues, que la *cycloide* tenia las propiedades que se buscaban, y assi la substituyò al circulo, poniendo en el centro del movimiento de la péndola una porcion de esta curva, en que pudiesse liarse el hilo de la verga. Despues se ha visto, como lo mostramos en la *fig. 19.* que el circulo, y la *cycloide* se confunden en la parte inferior; las oscilaciones son exactas tambien en el circulo, si tienen poco vuelo. Por esso los Reloxeros tomaron este partido, para evitar una cierta flexibilidad, que era preciso tuviesse la verga en la

parte superior, para obedecer à la porcion de cycloide, que debia determinar la naturaleza de su movimiento.

Aunque la Geometria haya comunicado los medios mas ingeniosos para que las vibraciones sean siempre iguales en virtud de la naturaleza, ò cantidad de la curva en que se hacen; no por effo faltan algunas causas Phisicas, que las descomponen tal vez por las variaciones, que producen en el tamaño de la péndola.

Siendo necesario, que la péndola gobierne al moderador, no se puede colgar la bola, que hace las oscilaciones, de un hilo muy delgado, y muy flexible. Ordinariamente sirve una verga, ò varita de acero, de tres, ò quatro lineas de ancho, y una, y media de grueso. Estas dos dimensiones, y lo largo de la verga sobre todo no son iguales, sino en un temple constante; porque la péndola se alarga, ò se acorta mas, ò menos, segun el mayor, ò menor grado de calor, y frio, dilatandose, ò condensandose el metal, como lo mostrarèmos en hablando de las propiedades del fuego. Por esta sola causa seràn las oscilaciones en Invierno mas prontas, que en Verano. El mismo relox se adelantará, y se atrassará, segun las diversas estaciones del año, y los diferentes estados del ayre à que està expuesto.

La sospecha de este efecto hizo que los Phisicos suspendiessen su juicio sobre la obser-

vacion de Mr. Richer en la Cayena. Muchos creyeron , que el calor del clima podia haver sido la causa de atrassarse la péndola , y no la atribuian , como dicho Richer , à que la gravedad , disminuia mas en el Equador , que en Francia , en virtud del exceso de la fuerza centrifuga. Pero las experiencias hechas despues con el mayor cuidado por personas muy inteligentes , y sobre todo por los Academicos, que fueron por orden del Rey al Circulo Polar, y al Equador para tomar las medidas convenientes , y determinar la figura de la tierra ; estas experiencias, vuelvo à decir, muestran con evidencia , que no fuè el temple del clima, sino su situacion , la que obligo à Mr. Richer à acortar su péndola ; porque el estado del ayre en la Cayena , casi no difiere del de Paris, respecto de la correccion , que es necessaria en la péndola. Mr. de Mayrán , (*) hombre de una sagacidad , y exactitud conocida de todo el mundo , muestra que la péndola mas simple que pueda dárse; esto es , una bola de metal, de una pulgada de diametro, colgada de un hilo de pita, ha de tener tres pies , ocho lineas, y $\frac{17}{30}$ de linea (contando desde el centro de oscilacion hasta el de movimiento) para que sus vibraciones duren un segundo justo en Paris ; y de todas las experiencias hechas despues en diversos tiempos, y

(*) *Mem. de l'Acad. des Scienc.* 1735. pag. 203.

por sujetos diferentes, resulta constantemente, que una péndola de este tamaño tendría mas de dos lineas de más, para que sus vibraciones durasen un segundo en las tierras cercanas al Equador: diferencia excesiva para que se atribuya al témplo del lugar. Porque la experiencia muestra, (*) que la verga de acero de tres pies, y ocho lineas y $\frac{1}{2}$, (que es la que se aplica à las péndolas) solo se aumenta un tercio de linea, supuesto un calor igual al del agua hirviendo.

Para evitar, pues, el inconveniente de la dilatacion de la verga, y dárle à la péndola toda la perfeccion posible, discurrieron los Phyticos, que no sería malo oponer la dilatacion à la dilatacion misma: ésta, al mismo tiempo que hace alargar la verga, hace tambien que baxe mas de lo necesario el centro de oscilacion. Este inconveniente sería ninguno, si huviesse en la misma verga otra pieza, que se dilatasse por el mismo calor, en sentido contrario, y en tal proporcion, que el aumento de la verga no produxesse su efecto. Para esto se han tentado muchos medios, que por lo comun han salido bien. Mr. Julian le Roy, en quien à un mismo tiempo se hallan los talentos de un Artifice excelente, juntos con los conocimientos de la Phytica, y con todo aquello que mira à perficionar la Reloxeria; propuso, y practicò uno, cuyo buen éxito queda

Y 2

af-

(*) Mem. de l'Acad. des Scienc. 1735. pag. 214.

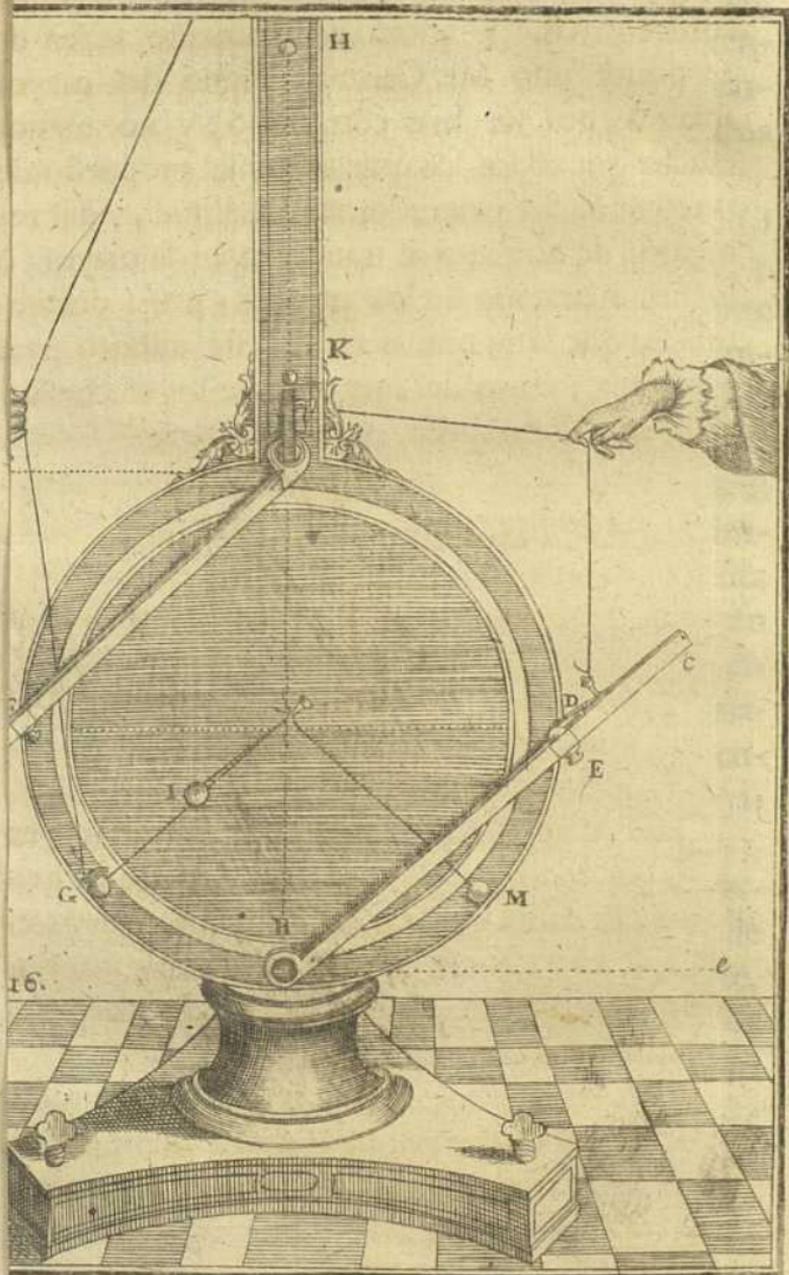
afegurado por la experiencia de muchos años consecutivos. Y ahora ultimamente acaba de proponer uno Mr. Cassini, digno del mayor aplauso, por ser mas cómodo, y no menos exacto que todos los que se havian propuesto de antemano. El origen comun del mal, y del remedio, de que aqui se trata, está en la mayor, ó menor dilatacion de los metales; y así dexaremos lo que falta que decir en este asunto para quando tratemos del fuego, y de los efectos del calor en los cuerpos.

ARTICULO SEGUNDO.

*DEL MOVIMIENTO
de los cuerpos nacido de la gravedad, y de
una fuerza activa, y uniforme.*

ESTA fuerza que suponemos exercitarse en el móvil al mismo tiempo que la gravedad, se llama ordinariamente *fuerza proyectriz*; de esta especie es el esfuerzo que hace el brazo al arrojar una piedra, ó el de la polvora al despedir la bomba.

Una vez que este movimiento se llega à determinar por el *motòr*, continuará siempre con la misma uniformidad, si no lo impide la resistencia de los intermedios, los frotamientos, &c. Aunque esta sea inevitable en el estado natural,



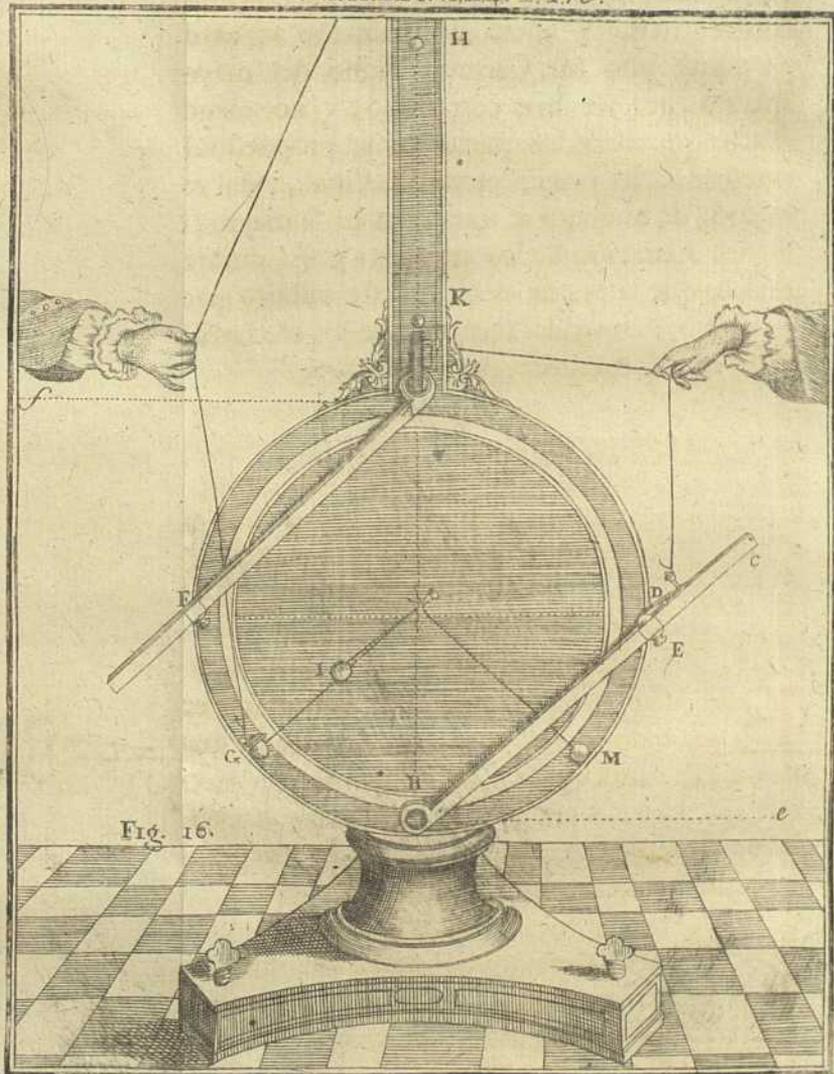
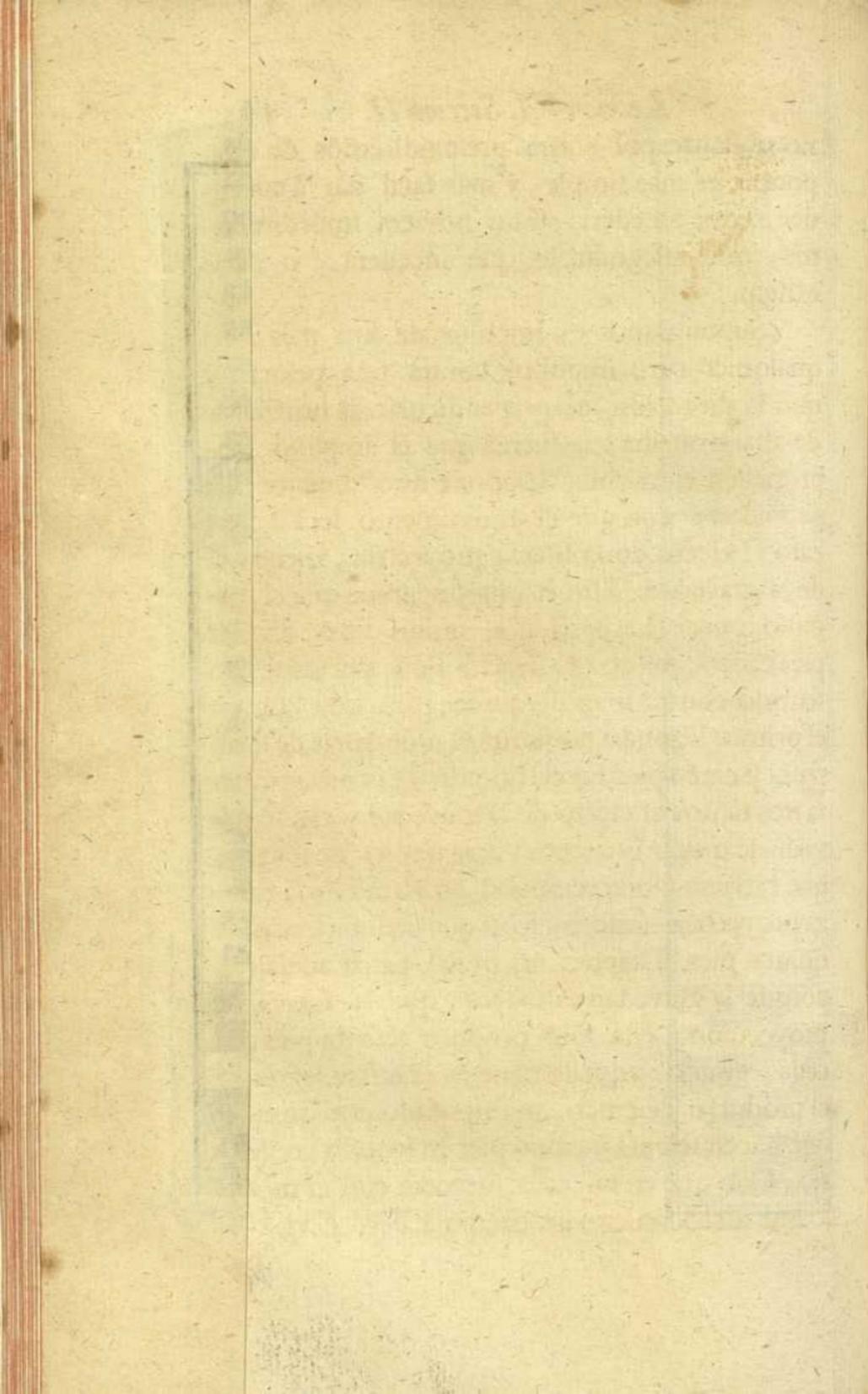


Fig. 16.



no obstante por ahora prescindirèmos de ella; porque es mas simple, y mas facil dâr à entender lo que sucederìa, si no huviera impedimentos, que asegurar lo que sucederà, si estos existen.

Supongamos el impulso de una pala, (ò qualquier otro impulso) contra una pelota, y que la direccion sea perpendicular al horizonte de abaxo arriba; la fuerza que el impulso imprime en el móbil, se opone directamente à la gravedad: con que el movimiento serà en tal caso el efecto de la fuerza proyectriz, menos el de la gravedad. Esto es, supongamos que el impulso puede hacer que el móbil suba sesenta pies cada segundo: el efecto de la gravedad en sentido contrario es de quince pies; con que en el primer segundo no subirà el móbil mas de quarenta y cinco pies. En el segundo siguiente aumenta tres tantos el efecto de la gravedad: y assi se havrà de quitar quarenta y cinco pies de sesenta, que huviera subido el móbil, en virtud de la fuerza proyectriz uniforme; con que no subirà mas de quince pies. Despues no podrá passar adelante, porque la gravedad es mayor, que la fuerza de proyeccion: ésta solo produce sesenta pies en cada segundo: aquella tiene en el tercer segundo el producto de cinco, multiplicado por quince, que hacen setenta y cinco pies en sentido contrario. Con que en tal caso sucederà con el móbil lo que sucederìa con un cuerpo (1. *Secc. Exp. VI.*

fig. 12.) que volviessè à subir, en virtud de la velocidad que havia adquirido por la aceleracion de su movimiento al caer.

Pongamos ahora, que la direccion de la fuerza proyectriz es horizontal, y suponiendola siempre uniforme, dividamos su efecto total FG en quatro partes iguales, (*fig. 22.*) que denoten otros tantos instantes iguales. Si el móvil F , en el primer instante anda el espacio $1a$ en fuerza de su gravedad, siendo ésta tres veces mayor en el instante siguiente, andará el móvil el espacio bc , el qual junto con el producto del primero, será igual à $2c$: añadamos à este efecto de del tercer instante, y tendremos $3e$. Finalmente juntemos esta suma con el efecto del quarto fg : y al fin de la caída hallarèmos una série de puntos $Facég$, que forman una curva, que llaman los Geometras *Parábola*.

Fuera de la direccion perpendicular al horizonte, en qualquier otra que se suponga la fuerza proyectriz, con tal que sea uniforme, y que la gravedad se exercite al mismo tiempo en el móvil, el movimiento compuesto de las dos fuerzas será siempre sensiblemente por esta curva; solo havrà la diferencia de la mayor ò menor *amplitud*, como Hg , ò HI .

Supongo v.g. que el móvil M . (*fig. 23.*) tira directamente al punto P , en virtud de la fuerza de proyeccion; si durante una série de instantes iguales, se quitan de esta fuerza otras tantas

par-

partes, que denoten los efectos de la gravedad, y que aumenten entre sí, como el quadrado de los tiempos; esto es, que al fin del segundo tiempo haya perdido la fuerza proyectriz quatro veces mas que en el primero, al fin del tercero nueve veces mas, &c. en tal caso la extremidad de todas estas lineas, que denotan las detenciones de la fuerza de proyeccion, nacidas de la gravedad, producirà la curva *Mrq*: esto es, dos medias parábolas semejantes à la de la *fig. 22*, las cuales se juntan en el vértice *r*.

Antes de passar à la experiencia, será bueno advertir, que en la práctica no pueden esperarse unos efectos, que nada se aparten de la exactitud de la theorica. Los Geometras dicen las cosas con precision, porque solo suponen las cantidades que deben entrar en sus cálculos; pero quando la Physica llega à poner la mano, siempre se ha de rebaxar alguna cosa; porque por lo comun se supone mas, ò menos de lo necesario. La fuerza proyectriz, junta con la gravedad, solo podrá producir un movimiento verdaderamente parabolico, quando no experimenten la menor alteracion; v.gr. quando la primera siempre sea uniformemente igual en todos los instantes, y la segunda se acelere siempre exactamente, siguiendo la progression que queda establecida. Esto no puede suceder en el estado natural, porque la resistencia del ayre hace su efecto en una, y otra, y este efecto no es nada regular.

Aunque algo tendríamos que decir, si reparáramos que la dirección de la gravedad no es paralela à sí misma en todos los instantes; esto es, que todas las líneas paralelas al horizonte como 1 *a*, 2 *c*, 3 *e*, 4 *g*, (por las extremidades, de las quales passà el móvil para describir la curva *F a c e g*) no son paralelas entre sí, como se supone, porque todas ellas tiran al centro de la tierra; pero la fuerza de proyección, que podemos imprimir à un cuerpo, se extiende à tan corta distancia, que este inconveniente solo tendrá lugar en el rigor Geométrico, y no produce algun efecto sensible.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig. 24.* representa una cubeta mas larga que ancha: en uno de los lados à lo largo se levanta un plano vertical *O C G N*, y en otro lado à lo ancho se coloca un gran tubo de vidrio *B C*, en el qual hay una llave, que al moverse dirige à todas partes la piececita *A*, que se abre con otra llave *B*. En el tubo se echa una porción de mercurio hasta una altura proporcionada; y el agujero de las llaves està hecho de modo, que el frotamiento sea el menor que se pueda.

E F E C T O S.

Primero : Si la direccion de la pieza A es vertical , al soltarse el mercurio toma la misma direccion ; y haviendose levantado no tan alto como la superficie superior del vidrio C , cae sobre si mismo , y se esparce , como se ve en los furtideros de agua en los Jardines.

Segundo: Si la direccion de la pieza A es horizontal, como AH , y la cantidad del mercurio es suficiente , el chorro describirà la paràbola AED.

Tercero : Si la direccion es obliqua, como AF , ò AG , el mercurio describirà una de las paràbolas AIK , ò ALM.

E X P L I C A C I O N E S.

Quando salta el mercurio por la pieza A , lleva impressa una fuerza de proyeccion nacida de la gravedad del que està en el tubo. Esta fuerza se puede suponer uniforme , con tal , que el chorro dure poco tiempo , y que no baxe sensiblemente la superficie C del tubo. El mercurio se levanta hasta que la gravedad que era preciso vencer , llega à destruir enteramente la fuerza de proyeccion ; y este efecto se produce antes que el mercurio llegue à la altura de la superficie C , porque los frotamientos , y la resistencia de

los intermedios amortiguan un poco la fuerza que lo hace subir

Quando la direccion del chorro es horizontal, el mercurio proseguiría moviéndose por esta linea, si no tuviese que obedecer à la fuerza que lo empuja ácia abaxo; pero luego que empieza à salir, se ampara de èl la gravedad, y su accion que aumenta, como los numeros impares 1, 3, 5, &c, nos pone à la vista lo que supusimos en la *fig.* 22.

Lo mismo finalmente puede decirse quando se le dà al mercurio la direccion obliqua AF, ò AG: su gravedad le impide que continúe su movimiento por estas lineas; antes lo va siempre separando de ellas, segun las cantidades conformes à las leyes de la aceleracion: y así la linea que describe, sensiblemente es una parábola; porque ácia el fin, en donde es mayor la resistencia del ayre, se ensancha mas el chorro esparciéndose, y la parte superior casi no sale de la parábola geometrica, trazada en el plano vertical de la máquina.

Aqui se pueden traer aún por pruebas de lo dicho las experiencias del movimiento compuesto, en que la gravedad entra como potencia en la composicion; quales son las de las *figuras* 11. y 13. Porque en una, y otra, la curva que traza el móvil con su movimiento, (à quien por entonces no dimos nombre alguno) es tambien una parábola, como se puede verificar claramente,

te, aplicando las reglas que quedan arriba fundadas.

APLICACIONES.

Todo el Arte de la Ballesteria, esto es, aquella parte de la artilleria, que tiene por objeto la medida exacta de la fuerza, y direccion de un cuerpo grave, como una bomba, una bala, &c, consiste en la justa combinacion de la fuerza proyectriz, y de la gravedad. Con vèr precisamente las *figuras* 22, y 23. facilmente se nota, que arreglada una vez la direccion de una bala, ò de una bomba, serà tanto mayor, ò menor el espacio Hg , ò Mq , quanto sea mayor la fuerza que se le imprime al móbil; porque si en el primer instante pudiesse correr toda la distancia que hay entre las paralelas FH , Gg , ò MC , Pq , la parábola passaria por el punto K , y se diferenciaria muy poco de una linea recta: y así un mortero con un cierto grado de inclinacion, arroja la bomba tanto mas lexos, quanto la fuerza de proyeccion le imprime mas velocidad. Pero se ha de advertir, que esta fuerza viene de la explosion de la polvora; y es muy dificil apreciar con exactitud el valor de ella; porque depende principalmente de la calidad, y cantidad de la polvora que se enciende; y es increíble que el fuego prenda por todas partes antes de salir la bala, especialmente, quando la carga es grande. Por la experiencia se ha visto, que gran par-

te se pierde totalmente: por donde se conoce, que una de las cantidades, cuyo conocimiento es esencial para hacer juicio del movimiento de de la bomba, està expuesta à variar muy à menudo. (*) Y así, aunque à los Oficiales de Artillería se les pida con razon se impongan bien en estos principios, con mas motivo se les obliga à exercitarse en las Escuelas establecidas con esta mira.

(*) *Mem. de l'Academ. des Scienc. 1716. p.79.*



Fig. 22.

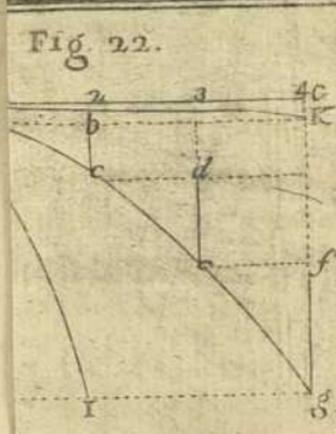


Fig. 23.

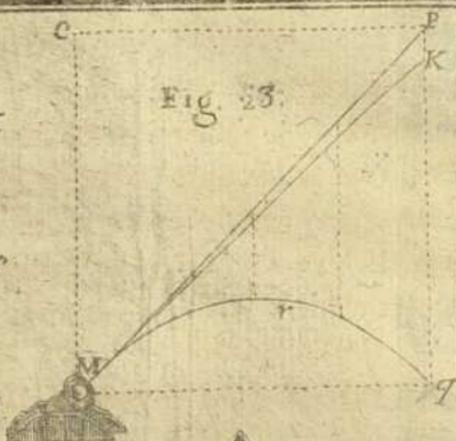


Fig. 24.

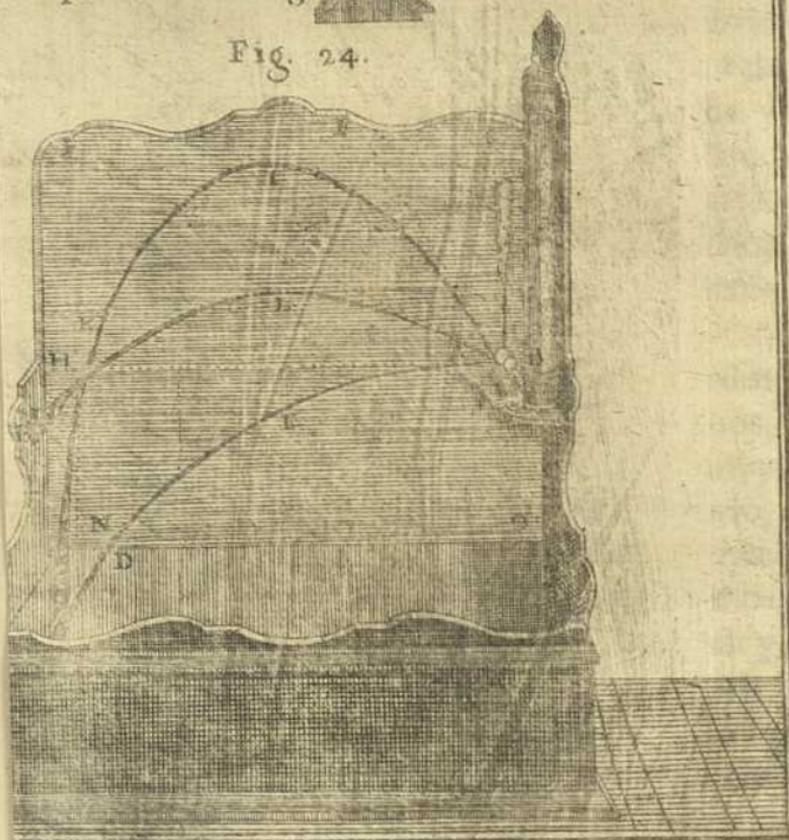


Fig. 22.

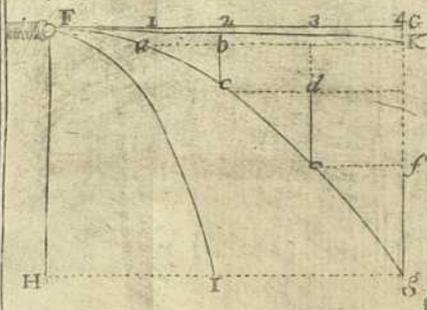


Fig. 23.

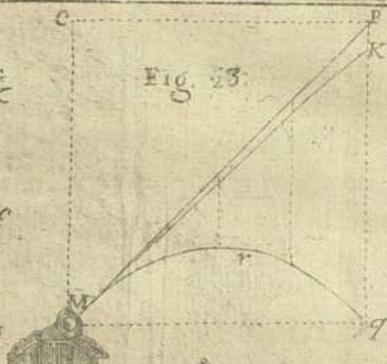
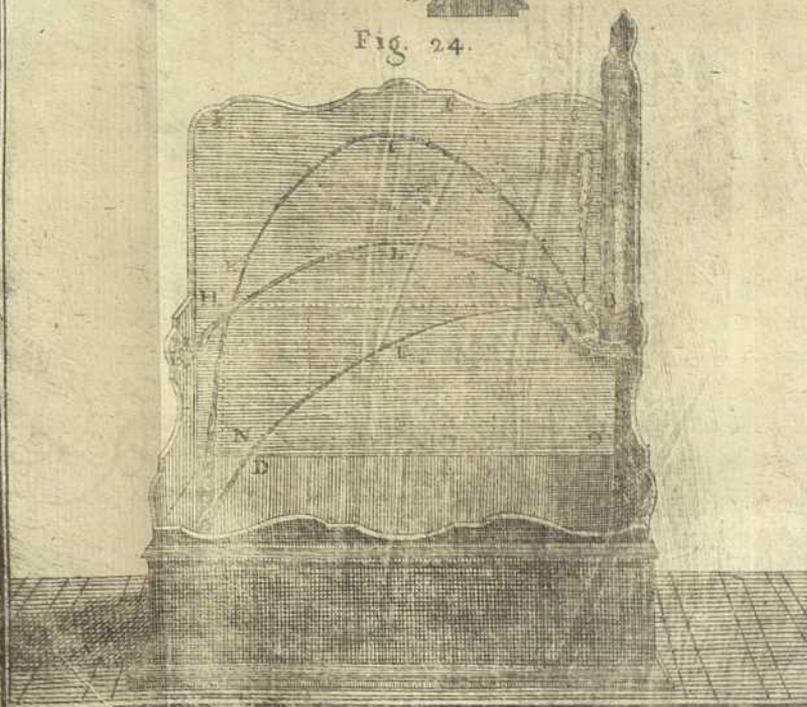
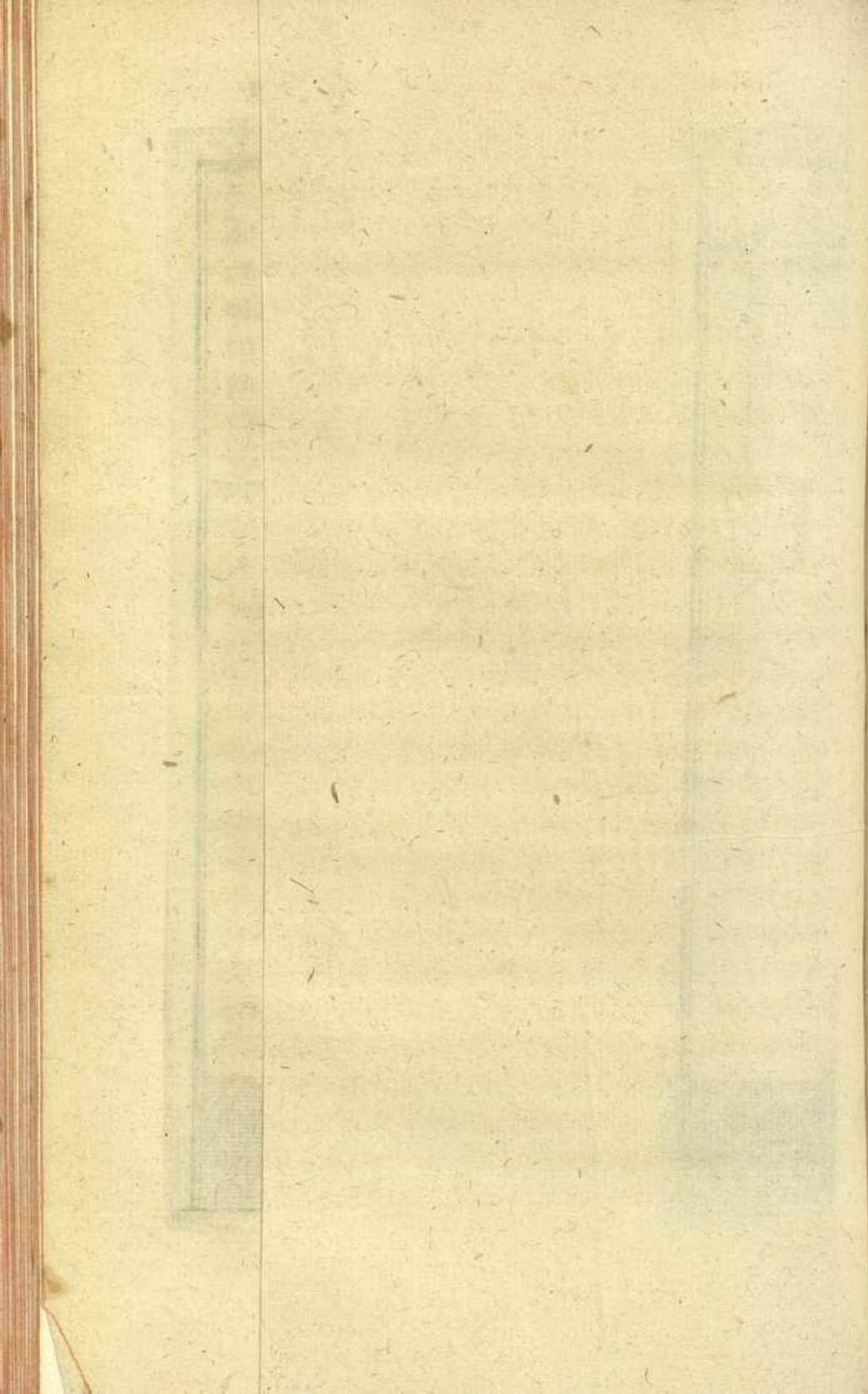


Fig. 24.







LECCION VII.

DE LA HYDROSTATICA.

Llamase *Hydrostatica* la Ciencia que tiene por objeto la gravedad , y equilibrio de los *liquidos*. Aunque la gravedad de estos cuerpos sea la misma que la de los otros, y este tambien sujeta à las mismas leyes , de que acabamos de hablar, no obstante su estado particular de *liquidèz* dà lugar à varios phenomenos muy especiales , dignos de saberse , y que merecen un Tratado aparte.

Quien mas se señalò , è hizo mas progressos en esta Ciencia entre los Philosophos antiguos, fuè Archimedes. Aun hoy dia se aplaude muy mucho el modo ingenioso , con que descubrió, que una corona de oro no era del calibre , que debia ser , pesandola en el agua. Entre los modernos Galilèo , Toriceli , Descartes , Pasqual; y en estos ultimos tiempos Mr. Mariotte , y Mr. Guillelmini han añadido mucho à lo que yà se sabia ; y sus experiencias , no menos convincentes que curiosas , nos han dado luz para saber lo que

que puede temerse, ò esperarse de la fuerza de las aguas, que obran por su propio peso, y el modo de aprovecharnos de dicha fuerza por medio de las máquinas hydraulicas.

Los líquidos, segun la idea que propusimos en la primera Leccion, pag. 35. *Tom. I.* son una materia, cuyas moléculas son muy diminutas, y mobibles entre sí, y no tienen una coherencia sensible; de modo, que cada una obedece libremente à su propio peso; al contrario de los cuerpos sólidos, cuyas partes están unidas, y trabadas unas con otras, resisten con mas, ò menos fuerza à su separacion, todas se mueven juntas, y exercitan en comun su gravedad.

Aquí no trataremos de las causas de la *liquidéz*, ni de las diferentes propiedades de esta especie de cuerpos; porque despues hallarán sitio mas proprio. Por ahora solo vámos à examinar el modo con que los líquidos pesan. No será malo advertir de antemano, que las leyes de la Hydrostatica, se observaràn con tanta menor exactitud, quanto estos cuerpos se apartaren mas de la liquidéz perfecta, supuesto que todos ellos no son igualmente líquidos. El agua, y el aceyte se derrama, si se quiebran los vasos en que están; pero el aceyte siempre tarda mas en derramarse del todo.

Los fluidos compuestos de partículas tan sutiles, y mobibles como las de los líquidos, tienen tambien las mismas propiedades. Pero si las

moleculas no son tan finas , y pueden afirse fuertemente unas de otras , el efecto de la gravedad serà diferente. Con la misma exactitud que el agua, toma el ayre la forma del vaso en que està ; pero los otros fluidos , como v. gr. el humo , no se esparcen del mismo modo , ni con tanta prontitud.

Para formarse una justa idèa de la gravedad de los líquidos , ò de los fluidos , è imponerse facilmente en los phenomenos, que vámos à explicar , se pueden considerar estos cuerpos , como un conjunto de partículas , cuerpecitos sólidas, muy duras, con una total independenciamas de otras, que pesa cada una de por sí, y à proporcion de sus masas diminutas. Siempre hemos de tener presente la extrema pequenez de estas moleculas ; la qual no solo las hace impalpables, fino invisibles à los ojos mas linceos , aun sirviendose de los mejores microscopios. De esta qualidad principalmente dependen los efectos mas singulares de la Hydrostatica , aquellos digo, cuya explicacion llega con dificultad à tocar los terminos de una demonstracion rigorosa.

Lo que hemos de decir de la Hydrostatica, lo dividiremos en tres Secciones. En la primera examinaremos el modo con que se exercita la gravedad de un licor compuesto de partes homogeneas , ò consideradas como tales. En la segunda veremos el efecto de la mezcla de dos líquidos de diversa densidad ; y en la tercera

184 *Lecciones de Physica Experimental.*
compararèmos los cuerpos sólidos con los líquidos.



SECCION PRIMERA.

DE LA GRAVEDAD, Y EQUILIBRIO
de los Líquidos compuestos de partes
homogeneas.

SEgun la idea que nos hemos formado de los líquidos, los homogeneos seràn aquellos, que estèn compuestos de partículas semejantes, así en la figura, como en el peso, y tamaño. Una cierta cantidad de agua v. gr. serà un conjunto de cuerpos diminutos, movibles, y de iguales fuerzas para moverse de arriba abaxo. Sobre estos principios se pueden fundar las proposiciones siguientes.

PRIMERA PROPOSICION.

LOS líquidos pesan, no solo quanto à su massa total, sino tambien en sí mismos esto es, quanto à las partes de que se componen.

La primera parte de esta proposicion no necessita mas prueba que la experiencia que ha-

cemòs cada dia, quando llevamos à la boca un vaso lleno de agua, ò de vino. Bien sentimos que quando està vacío, no pesa tanto. A la verdad parece imposible, que una suma de corpusculos pesados carezca de todo peso.

La segunda parte es una consecuencia necesaria de la primera, y parece que no necesitaba otra prueba. Porque si la massa total pesa, de dònde podrá venirle este peso, sino de las partes materiales que la componen? No obstante la mayor parte de los Physicos se detienen aqui, porque no han faltado algunos que afirman, que los líquidos no pesan *en su primer elemento*. Pero pregunto, quieren decir con esto, que las partes de un líquido no pesan en la massa que de ellas resulta? que carecen de gravedad absoluta? ò solamente, que està en equilibrio entre si? Si lo entienden en este sentido, es inutil detenerse à probar, que una cierta cantidad de agua v. gr. pesa tambien mezclada con otra agua, ò que contribuye al peso de la massa que resulta. No obstante, daremos la prueba que se dà comunmente.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 1. representa una balanza : en un brazo hay un peso determinado , en el otro una botellita de vidrio muy espeso , vacia , y tapada , y que dentro del agua està en equilibrio con el peso.

EFECTOS.

Luego que se destapa el frasquito , se llena de agua , se va à fondo , y se pierde el equilibrio.

EXPLICACION.

Todos saben , que quando hay dos cuerpos en una balanza , el mas pesado tira del otro. Con que si la botella llena de agua tira del peso , que la tenia en equilibrio , estando vacia ; señal es , que el agua la hace mas pesada ; y para probar , que el aumento del peso , no es mas que la cantidad de agua que està dentro , bastarà añadir algun peso al otro lado , y volverà inmediatamente à ponerse en equilibrio: este peso añadido serà igual al de otra tanta cantidad de agua , que se pese fuera de la massa comun. El que quisiere dudar , verà por esta experiencia , que una

cierta cantidad de un líquido tiene siempre su gravedad absoluta, yà sea como parte actual de una mayor massa del mismo líquido, yà se tome separadamente.

APLICACIONES.

Un sin numero de exemplos tenèmos à la vista cada dia, en que se ven varios efectos semejantes à los de la Experiencia precedente. Así como la botella en destapandola queda mas pesada, porque se llena de agua; del mismo modo se hunde un cubo, se pierde una embarcacion, si llega à hacer agua. La materia de que se compone esta especie de vasos, ordinariamente es mas pesada que el fluido en que se sostiene; si éste puede introducirse en ellos, y llenar los vacios, resultará un todo, cuya massa será mas pesada, que un igual volumen de agua: y por esto el vaso se va à fondo.

Los cuerpos muy porosos, ò esponjosos, como la madera, las piedras, y aun la tierra misma, se ponen mas pesados, si están expuestos mucho tiempo al ayre humedo. Y al contrario, si el ayre es seco, pierden una parte de su peso, faltandoles la humedad. Los que venden al peso ciertas mercaderias, que dan entrada à la humedad, y à la sequedad, tienen gran cuidado de ponerlas en un sitio fresco, para impedir, ò reparar

rar la merma que resultaria sin duda de la evaporacion.

La madera que se destina à la construccion de las embarcaciones , se conserva en agua comunmente. Al principio náda sobre el agua, pero despues se va hundiendo poco à poco , y llega à ocultarse baxo la superficie del líquido. La razon es , que éste la penetra con el tiempo, yà sea llenando los huecos , yà tomando el sitio de otras materias mas ligeras , que ceden à su esfuerzo. En tal caso la pieza compuesta de agua, y de madera iguala , y aun excede la gravedad del líquido que por todas partes la rodèa ; porque es incontestable que las partes propias de la madera mas ligera pesan mas que el agua. Aun el corcho se hunde , si sus partes llegan à desunirse de modo , que no compongan un volumen , en que por lo comun hay mas de vacío, que de sólido.

De aqui se infiere , que quando el agua penetra los cuerpos , añade algo à su gravedad en calidad de líquido pesado , no solo quando dichos cuerpos están fuera del agua , sino tambien quando están hundidos en ella ; y ésto nace de que las partes de los líquidos , como las de los otros cuerpos , son otras tantas porcioncitas de materia , y toda materia es pesada.

SEGUNDA PROPOSICION.

LAS partes de un mismo liquido exercitan su gravedad independientemente unas de otras.

Esta propiedad les viene de la ninguna coherencia, que tienen entre sí, y de que pueden separarse casi sin fuerza alguna; al contrario de los cuerpos sólidos, cuyas partes están unidas unas con otras, y es muy difícil separarlas. Quando se quiere levantar una piedra, ò un leño, por qualquier parte que se tomen, siempre se sostiene toda la massa; y por consiguiente se ha de sentir todo su peso; pero poniendo la extremidad del dedo en el fondo de un vaso agujereado, y lleno de algun licor, para impedir que se derrame, entonces no hay que vencer mas resistencia que el peso de la columna que corresponde perpendicularmente al agujero. Y no hay motivo para sostener las otras columnas, supuesto que aquella puede caer sin llevarse las consigo. Con una Experiencia quedará evidente todo lo dicho.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL vaso cylindrico de vidrio de la *fig. 2.* tiene en el fondo un agujero, en que entra una birola de una pulgada de diametro. Esta se tapa con un pedazo de corcho bien redondo, y untado de sebo, ù aceyte, para que pueda ceder facilmente à una mediana prefsion. El canal que empieza en la birola, continûa por un tubo A de vidrio del mismo diametro, el qual està de modo que se pueda quitar, y poner quando se quisiere. Toda esta maquina descansa sobre una especie de trevedes de madera, y debaxo se pone un plato, ù otra cosa que reciba el agua quando se derrame.

E F E C T O S.

Echese poco à poco una poca de agua en el tubo A, y notese à què altura està el agua quando su peso despide el tapon B. Quitese este tubo, vuelvase à poner el tapon, y echando agua del mismo modo en el vaso, se verà, que es necessaria la misma altura para que el tapon cayga.

EXPLICACIONES.

No se puede negar , que la presion del agua hace caer el tapon B. Este resiste tanto quando se llena el vaso , como quando solo se llena el tubo , con tal , que la altura del agua sea igual: con que es claro , que el tubo no immuta en nada la presion del fluido , y que la columna que oprime al tapon , exercita su peso de la misma fuerte , yà comuniquè inmediatamente con el resto de la massa , yà se le quite esta comunicacion , envolviendola en algun cuerpo sólido. No obstante no dexarè de advertir , que el frotamiento causa alguna diferencia , aunque corta; porque la resistencia del tapon es algo mayor, quando la columna de agua se mueve en un tubo sólido , que quando solo se contiene en una massa de agua , cuyas partes se mueven facilmente.

Para formarse una idèa justa de lo dicho , y saber sin dificultad la causa de que los fluidos exerciten su peso de otro modo que los sólidos , figuremonos (como se vè en la *fig. 3.*) toda la massa de agua que contiene el vaso , como si estuviera dividida en varias columnas 1, 2, 3, 4, 5 , compuestas todas de un igual numero de partes. Ahora pues ; si el fondo del vaso , que sirve de basa , y fundamento à todas estas columnas , llega à abrirse en el punto *a*,
caerà

caerà por la abertura la parte inferior de la columna tercera, porque le falta el apoyo; y despues de ella caeràn todas las otras partes que estaban encima. Con que esta columna llegarà à caer toda entera de arriba abaxo entre la segunda, y la quarta, que se mantienen en los puntos *b*, y *c*, y que facilitan la baxada à la otra, moviendose sobre su proprio centro. Si por una parte la primera, y segunda columna, y por otra la quarta, y la quinta estuvieran compuestas de partes trabadas, y coherentes entre si, se mantendrian firmes en toda su altura, y cayendo la tercera, quedaria un hueco entre ellas. Pero como estas particulas son tan diminutas, y tan mobibles unas sobre otras, luego que empieza à baxar la tercera columna, faltandoles el arrimo en este sitio, se vàn desgajando à proporcion del chorro; y de esta suerte baxa à un tiempo toda la superficie de la massa total, aunque solamente una de las columnas sea la que cayga.

Quando las partes tienen entre si una coherencia sensible, como las de los licores crassos, ò viscosos, ò quando la massa del fluido es mucho mas ancha que alta, se vè claramente el vacio que queda en la parte superior, quando cae la columna: entonces la superficie en vez de està plana, como lo està ordinariamente, queda hueca en el medio, porque las partes inmediatas no llegan con tanta velocidad, que puedan

dan tomar el sitio de las otras que han caído en virtud de una gravedad directa.

APLICACIONES.

Por la explicacion que acabamos de dár, se ve lo mucho que varían los efectos de la gravedad por la fluidèz de los cuerpos. Si con un hilo se tirasse del tapon B, ò de otro modo se empujasse de abaxo arriba, solo havria que levantar el peso de la columna à quien sirve de base; porque esta porcion de agua, no dependiendo del resto de la massa, puede moverse en ella libremente. Pero supongamos, que la massa se yele; yà entonces perdida la fluidèz, sus partes quedarian trabadas, y unidas unas con otras: y por solo este motivo se havria de levantar todo el peso contenido en el vaso.

La escarcha, la nieve, y todas las congelaciones aqueas, que se pegan à los arboles, y plantas, las abruman, y fatigan mucho mas que el agua: porque las ramas no solo sufren el peso de las partes humedas pegadas inmediatamente à la cascara, sino tambien las otras que se pegan à las primeras, y que si fueran fluidas, caerian de su proprio peso.

Los que han tenido ocasion de admirar las cavernas, y grutas formadas en varios sitios por la naturaleza, havrán sin duda reparado en muchas concreciones arenosas, que se van

formando gota à gota, y cuelgan de las bovedas, como los carámbanos que quedan en los bordos de los texados, ù en otros sitios, quando se derrite lentamente la nieve, ò el yelo. Esta especie de piedras (que llaman *estalactites*) son líquidas en su origen, como el agua que las trae consigo. La gota primera que queda pegada à la boveda, tiene precisamente la adherencia necesaria para sostener su solo peso; pero conforme se va evaporando su humedad, se va tambien consolidando poco à poco, y queda de modo que puede mantener otras gotas; à éstas sucede lo mismo que à la primera: de modo, que una massa de buen tamaño queda pendiente de la boveda aun contra su proprio peso, solamente por ser sólida, y porque una parte està pegada al techo de la gruta.

Los Cereros imitan en gran parte esta operacion de la naturaleza: tienen los pavilos enfiertados en una varita, y los meten diferentes veces en los calderos en que està la cera, ò sebo derretido; ò si no, con un cucharon van echando de arriba abaxo las capas de cera que son necesarias segun la proporcion, y grueso de la vela. Este ultimo modo tiene mas uso en Francia, donde los cirios son mas gruesos por abaxo que por arriba; y facilmente se ve, que la materia estando mas fria, quando llega à la parte inferior de la vela, no puede correr tan

aprieta como al principio : fuera de esto , se tiene gran cuidado que no estè muy caliente , para que vaya quedando más cada vez.

No dexemos este punto , sin observar antes un efecto , cuya explicacion se halla tambien en la proposicion segunda. Los líquidos no tocan à los otros cuerpos del mismo modo que los sólidos. Supuesta una igual cantidad de materia , no se siente tanto su golpe : en una palabra , se teme el golpe de un pedazo de yelo de una libra , y no se hace caso de un igual volumen de agua.

Fuera de que los líquidos se dividen al caer en fuerza de la resistencia de los intermedios , y que se retarda su velocidad , por haverse aumentado la superficie en virtud de la division ; hay otra razon muy physica en prueba de lo dicho. Los cuerpos líquidos , quando caen , se aplican à una mayor superficie , y dividen su esfuerzo total en muchas impresiones poco sensibles , por muy diminutas. Supongamos por exemplo una massa de agua de una libra , y de figura espherica : dexese caer de algun sitio alto , y presentese la palma de la mano para recibir el golpe. Esta bola se puede imaginar , por decirlo así , como un haccito de columnas paralelas entre sí , y tambien paralelas à la direccion de la caída comun de todas ellas. La mayor de todas , supuesta la esphericidad , hará todo su esfuerzo en medio de la mano , y todas las otras por

la misma razon llegaràn algo mas tarde , y tocaràn en las immediatas , cada una segun la proporcion de su massa respectiva : de modo , que todo el golpe se compartirà en todo lo ancho de la mano , que lo recibe. Pero no sucederà lo mismo si la bola es de yelo : la mano recibirà en un punto el esfuerzo , no solo de la columna que le corresponde , sino tambien de todas las otras que estàn unidas con ella , y que exercitan su fuerza en comun. Por esto un cuerpo anguloso , ù puntiagudo hace mas daño quando cae , que otro qualquier cuerpo llano ; porque su esfuerzo està todo reunido en un espacio mas pequeño ; y por la razon contraria hay menos riesgo en el golpe , quando se pone hueca la mano para recibir una bola , que no quando se espera con la mano estendida.

TERCERA PROPOSICION.

LOS líquidos exercitan su gravedad en todas direcciones.

Esto es : no solo pesan segun la direccion vertical de arriba abaxo , sino que tambien comprimen lateralmente todos los obstáculos que los detienen ; y aun tiran à levantarse de abaxo arriba , en caso que lleguen à tener comunicacion con otras cantidades mas elevadas , y por consiguiente mas pesadas que ellos.

Que los líquidos pesen de arriba abaxo , no

tiene dificultad ; porque las partes de que se componen , participan de la gravedad comun à todos los cuerpos. Pero no es tan facil formarse una idèa clara de la presion lateral. No obstante , si se consideran sus moléculas como un montoncito de globulos en el vaso , se puede creer , que no estàn todos dispuestos regularmente unos sobre otros , como en la *fig. 3.* sino que una columna exercita su presion entre otras dos , y tira à separarlas una de otra , como se vè en la *fig. 4.* en donde las columnas laterales obligan à la presion perpendicular *id* à tomar la direccion de los lados *e* , *f* , del vaso. Del mismo modo quando la columna *d f* se exercita contra las partes *g* , *h* , la parte *g* resiste suficientemente , porque se halla apoyada contra el vaso ; pero la parte *h* se vè obligada à subir de abaxo arriba ; y subirà sin duda , como no encuentre sobre si una columna igual à *ik* , ù otra cosa equivalente.

Esta presion comunicada de este modo à la parte *h* , y que tira à levantarla , ha dado lugar à que se diga , que *los liquidos pesan de abaxo arriba* ; pero seria abusar de esta expresion , y formarse una idèa falsa de la gravedad , si se creyese que los líquidos tienen una tendencia real à subir de abaxo arriba. Una columna, de un líquido se vè obligada à elevarse en virtud de la presion de otra columna que se exercita de arriba abaxo , hasta que las dos queden à igual altu-

ra ; como succede en los brazos de una balanza. Volvamos , pues , à la prueba de nuestra proposicion.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN un vaso grande lleno de agua teñida de algun color se vãn metiendo sucesivamente diferentes tubos de figuras diversas , de seis , ò siete lineas de diametro , abiertos por ambas extremidades ; pero la extremidad superior se tapanà con el dedo , mientras se meten en el agua. (*fig. 5.*)

EFFECTOS.

Al destapar el tubo por la parte superior, el agua sube dentro de èl , hasta quedar à nivèl con la del vaso , tenga el tubo la figura que tuviere.

EXPLICACIONES.

El tubo que se mete perpendicularmente en el vaso, contiene dentro de si una columna de ayre , que llena toda su capacidad , y que no puede salir , mientras estè tapado por arriba ; porque siendo mas ligero que el agua , no puede salir por abaxo , quando el tubo està dentro del

vaso. Pero luego que se quita el dedo de la parte superior, y el ayre, halla salida en este sitio, no puede servir de impedimento invencible al agua: y ésta se ve obligada à subir, por el peso de la que queda en el vaso, del modo que se sigue.

Supongamos que se ha metido el tubo C en el agua: ésta en fuerza de su gravedad natural cae desde D hasta E; y passa desde E à F, por estar compuesta de partes mobibles, y hallarse esta parte del tubo en forma de un plano inclinado. El efecto no passaria adelante, si huviesse en F un impedimento invencible, ò no pudiera moverse facilmente el cuerpo contenido en la sinuosidad E F. Pero lo que corresponde perpendicularmente al orificio del tubo, y aun continua hasta el punto E, es un fluido comprimido por la columna G D: con que el agua havrà de subir por el lado C F; no porque tenga una tendencia real de abaxo arriba, sino porque obedece al peso de una columna de arriba abaxo; el agua continua subiendo hasta c, esto es, hasta la altura que la pone en equilibrio con la columna G E, que la comprime.

En qualquier parte del vaso que se ponga el tubo H, y de qualquier modo que se dirija la parte inferior, siempre recibirà un volumen de agua comprimido lateralmente por la columna perpendicular, que le corresponde, y que exercitarà su fuerza contra los lados del vaso, como se

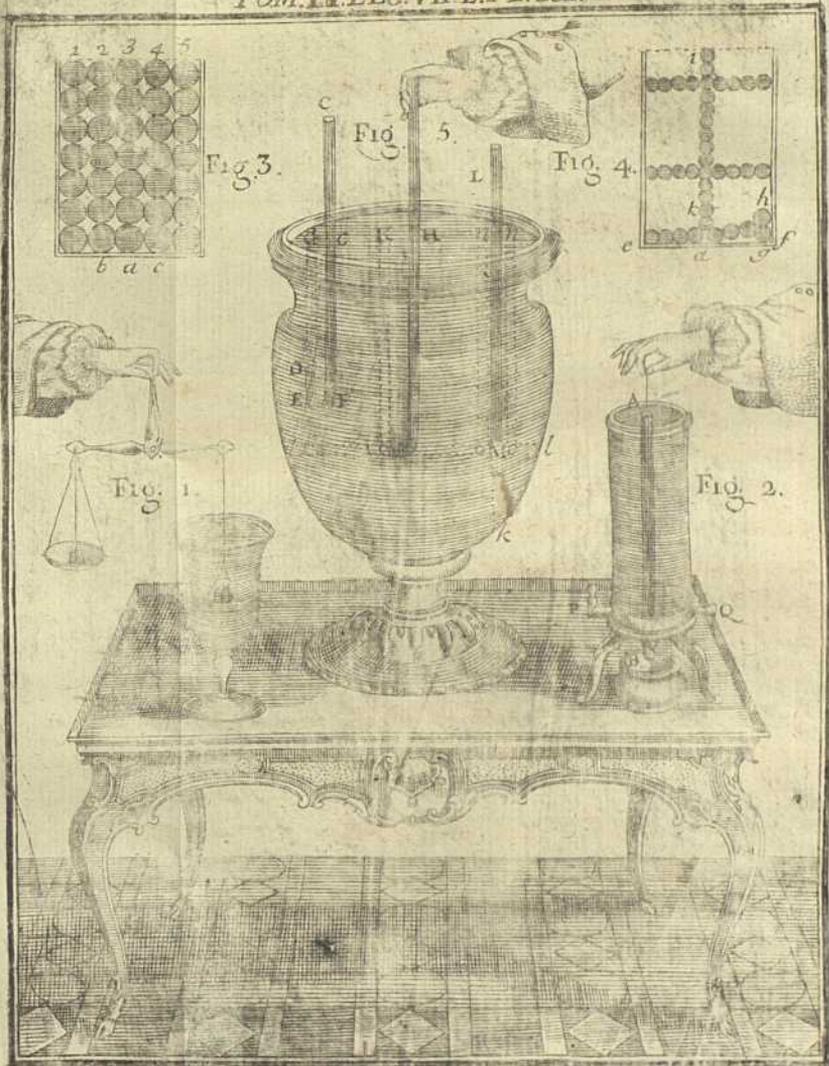
se ve en *e*, y *f* (*fig. 4.*) y así el agua comprimida en la parte *l* del tubo con una presión igual al peso de la columna *IK*, se elevará à la misma altura, y del mismo modo que en el caso precedente.

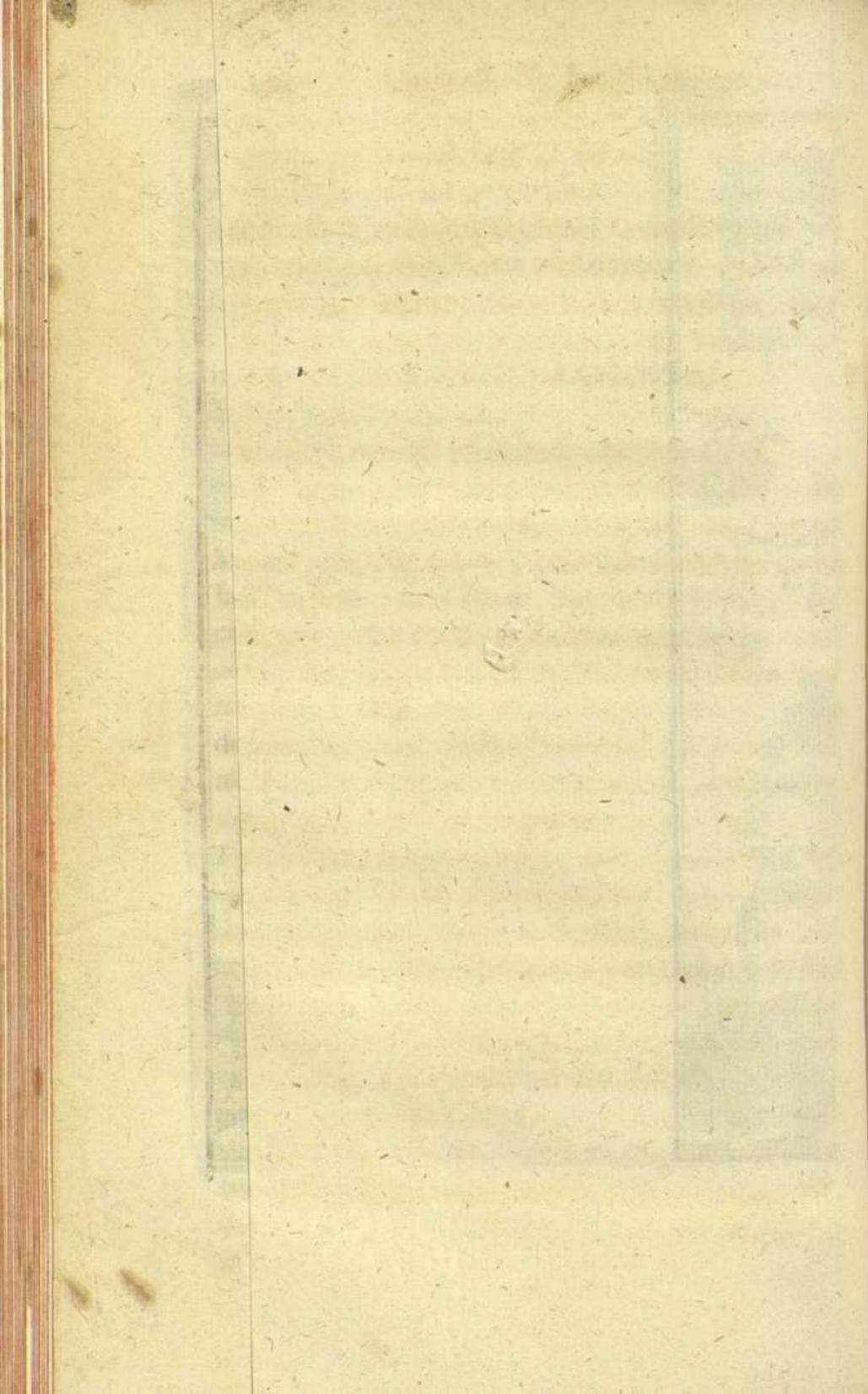
En fin, si el tubo no está encorbado, y se mete en el agua según la porción *LM*, luego que se destape por arriba, el agua que está en la extremidad *M*, se halla en las mismas circunstancias del globo *b*, (*fig. 4.*) sostenida sobre la columna perpendicular *Mk*, por las columnas laterales *lo*, *lo*, que estrivan contra los lados del vaso, y comprimida por el peso de las columnas inmediatas *no*, *no*; con que se ve obligado à subir por el tubo en que halla menos resistencia, hasta que su mismo peso, aumentando à proporción de la altura, llegue à ser igual al de la fuerza.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

P*Q* (*fig. 2.*) son dos birolas del mismo tamaño que la otra que está en *B*, y dispuestas de modo, que pueda entrar en ellas el mismo tapon; pero quando éste se ponga en alguna de ellas, se tendrá cuidado que las otras estén bien tapadas.





EFECTOS.

En qualquiera birola que se ponga el tapon mobile, siempre cede à la fuerza del agua del vaso, en llegando à la misma altura.

APLICACIONES.

Esta Experiencia prueba lo mismo, y se explica del mismo modo que la precedente. La fuerza que hace el agua perpendicularmente contra el fondo del vaso, como pudiera hacer qualquier otro cuerpo, se distribuye contra los lados del mismo vaso, y en toda suerte de direcciones, en virtud de la movilidad, de la figura, y de la pequenez de las partes. Pero como este efecto viene de la gravedad, y la direccion natural de esta potencia es perpendicular al fondo del vaso, no llegará à ceder el tapon, hasta que el líquido tenga una cierta elevacion; y por esto no bastaría la misma cantidad de agua, si el vaso fuese mas ancho, y por consiguiente quedasse mas baxa la superficie del fluido.

APLICACIONES.

A cada passo tenemos à la vista los efectos, y pruebas de la presión lateral de los fluidos;

un jarro v. gr. una botella inclinada, un tonèl destapado por un lado, nunca se vaciarían, si el licor que en dichos vasos se contiene, solo exercitasse su presión de arriba abaxo, como los cuerpos sólidos. Un navio abierto de un balazo, hace agua por el costado, y se arriesga todo, si no se remedia con prontitud, como si el daño estuviesse junto à la quilla; entrando el agua en èl con tanta mayor fuerza, quanto la mar està mas alta respecto de la abertura.

Quando se labran los diques, y los pilones, y se trabaja en otras obras hydraulicas, se tiene gran cuidado de proporcionarlas à los esfuerzos del agua. Y tal vez se han visto sumergidas Provincias enteras, y han acaecido otros muchos funestos accidentes por no haver opuesto la resistencia suficiente à la presión natural de las aguas.

Estas precauciones son necessarias aun en aquellas obras en que los materiales son fluidos en alguna manera, yà por lo diminuto de sus partes, yà por la poca trabazon. Si se quiere, v. gr. levantar un dique con arena, ò con casco- te, presto se desmorona, sino es que los lados tengan la escarpa necessaria; las paredes en que estrivan los terrados, y terraplenos, solo resisten quando su solidèz està proporcionada con la altura, y naturaleza de las tierras.

Cavar un pozo no es otra cosa que hacer en la tierra un canal perpendicular al horizonte. Este

canal, pues, se halla en las circunstancias del tubo LM; si en las cercanias hay agua, y la superficie està mas alta que el fondo del pozo, no dexarà de subir entrando en èl hasta quedar en equilibrio. Muchas veces sucede que se ahonda mucho antes de hallar una tierra buena para que el agua passè: el canal entonces se halla en las circunstancias de dicho tubo, mas hundido que antes, y tapado siempre por la extremidad superior. Si en tal caso se llega à destapar, el agua entrará en èl con mucha fuerza, por venir impelida de las columnas laterales, que son mas altas, y por consiguiente mucho mas pesadas. Y esto es lo que sucede quando los Obreros se hallan con una abundancia de agua, quando menos lo esperaban: la naturaleza del terreno les havia obligado à profundizar mas, y mas para dár con el agua, y ésta se hallò de golpe mas libre de lo necessario.

Un líquido, pues, puede subir de abaxo arriba por el peso de las columnas inmediatas. De aqui se infiere, que un vaso se puede llenar por el fondo, estando abierto, metiendolo perpendicularmente en el líquido, ò por la boca, inclinandolo de lado. Esta eleccion es muy ventajosa en varias ocasiones. Solo citarè una.

Para sacar agua de un pozo muy profundo, comúnmente nos servimos de dos cubos atados à los dos cabos de una cuerda que passa por un carrillo, de modo, que el uno baxa, quando

el otro sube. Creo que este es el mejor modo de sacar agua en tal caso; por ser muy difícil el servirse de una bomba, quando la profundidad es demasiada. Pero los cubos son ordinariamente grandes, y muchas veces es preciso hacerlos largos, y estrechos, segun el diametro del pozo. Entonces el mejor partido es llenarlos por el fondo, poniendo en él una, ò muchas valvulas, que se abren para que éntre el agua, y se cierran con el peso de ésta, de modo que no puede salir.

QUARTA PROPOSICION.

T*Odas las partes de un mismo líquido están en equilibrio entre sí, sea en un solo vaso, ò en muchos que comuniquen entre sí.*

Para quitar aqui toda equivocación, por el nombre *partes* solo entendemos los volumenes iguales, y semejantes en un todo; porque variando las moléculas segun el grado de liquidèz, podrá hallarse algun caso en que la densidad no sea uniforme en toda la massa, y entonces se mirará el líquido como compuesto de muchos otros mezclados entre sí.

Suponiendo, pues, que las partes son perfectamente semejantes, como probabilísimamente se puede creer, digo, que estarán en equilibrio, ò que se moverán hasta llegarlo à estár, por ser iguales las fuerzas: porque la fuerza de

un cuerpo que tira à caer , no es mas que esta tendencia , y su cantidad de materia. Ahora , pùes : la tendencia à caer es igual en todos los cuerpos , como queda probado en la Leccion precedente ; por otra parte , la massa (como hemos supuesto) es la misma en todas las particulas de un líquido homogèneo : con que las capas superiores no podran hacer mudar de sitio à las inferiores inmediatas , por tener éstas tanta fuerza para resistir , como las otras para impeler.

Quien dice equilibrio , dice quietud ; no obstante , mi intento es solamente excluir aqui el movimiento que nace del exceso de gravedad de una parte respecto de otra. Varios Physicos quieren que las partes de un líquido estèn en un continuo movimiento ; si por este movimiento solo entienden el que se conserva por el calor en todos los cuerpos , no se les puede negar ; y en otro sitio verèmos que se compadece muy bien con el equilibrio de que ahora hablamos ; pero si pretenden que sea una qualidad afecta à los líquidos como tales , confieso que no conozco el menor phenomeno que pueda obligarme à admitir semejante suposicion ; y creo que sin buenas razones no puede suponerse un movimiento actual , quando puede bastar la movilidad de las partes. Passemos à las pruebas de nuestra proposicion.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EChese un poco de agua teñida, de vino, de mercurio, &c. en un Siphon encorbado, como el de la *fig.* 6. y pongase sobre un plano bien horizontal.

EFECTOS.

El licor se levanta igualmente en los dos brazos al mismo tiempo.

EXPLICACIONES.

Llena la parte inferior del Siphon, si en uno de los brazos se levanta una columna de licor, como *AB*, su peso se exercitarà sobre la parte *BC* mobile, procurando hacerla subir por el otro brazo; pero esta fuerza queda vencida por el peso de otra columna igual *CD*; con que sosteniendose mutuamente las dos columnas *CD*, y *AB*, que son del mismo tamaño, se puede legitimamente concluir que las partes semejantes de un mismo líquido estàn en equilibrio.

S E X T A E X P E R I E N C I A .

P R E P A R A C I O N .

A Briendo la llave que està en medio del canal E F , (*fig. 7.*) se abre una comunicacion entre el vaso grande G H , y el tubo E I . Este està ajustado en E de modo, que en su lugar se pueda poner el tubo obliquo K , ò el otro sinuoso L . Llenese el vaso G H de un licor teñido.

E F E C T O S .

Luego que se abre la comunicacion con el tubo E I , el licor sube hasta I ; y este efecto serà siempre el mismo , yà sea recto , y perpendicular el tubo , yà obliquo , ù sinuoso.

E X P L I C A C I O N E S .

Quando en dos vasos , que comunican entresì , se compara el peso de dos líquidos , no se han de comparar las cantidades contenidas en uno , y otro , sino las columnas que se tocan por las bases en el agujero de la comunicacion . En nuestra Experiencia v. gr. se ha de mirar al agujero de la llave , que mide la base de las dos columnas : y siendo éste comun à una , y otra , el efecto de la presion serà proporcionado solamente

mente à la cantidad de líquido que puede passar por èl, aunque sea mayor la que contiene el vaso grande: el resto se exercitarà en el fondo, y lados del vaso: con que no es nada extraño, que una columnita de agua equipondère à esta presión en el tubo, y no exceda la altura de la superficie G H, (*fig. 7.*)

Si el tubo tiene una sola inclinacion, como K, ò muchas, como L, serà necessaria una mayor cantidad de líquido para hacer contrapeso à la presión del vaso grande; porque todos los cuerpos, cuyo peso se exercita sobre un plano inclinado, pierden una parte de dicho peso, y el caño del líquido, que pesa en el punto E, es capaz de levantar otro igual à la altura E I, tome el camino que tomàre.

APLICACIONES.

Quando el agua de un rio, de un estanque, de una laguna, &c. penetra la tierra por su propio peso, siempre sube à una altura igual à la del sitio de donde baxa, si los canales que halla, ò que labra con el tiempo, toman una figura como la *fig. 6.* y esto sucederà, con qualquiera distancia que haya entre A D, y en qualquiera disposicion, que tenga el terreno B C. Y así no se ha de mirar como un phenomeno inexplicable el que sobre una montaña muy elevada se halle un manantial, de donde se forme un estan-

que

que harto grande: esto denota, que el agua viene de algun sitio aun mas elevado. Y aunque à quarenta, ò cinquenta leguas de distancia no se encuentre la elevacion que se busca, no por esso hemos de mirar esta explicacion como poco fundada.

El que quisiere servirse del peso, y gravedad del agua para conducirla à alguna parte, nunca lo conseguirà, si el sitio en donde està el agua es mas baxo, que el otro adonde quiere dirigirla; ni bastarà, aunque los dos sitios estèn à nivèl, porque es necessària alguna inclinacion para vencer la resistencia de los frotamientos; por esto todos los canales, aqueductos, &c. tienen ordinariamente media linea de inclinacion por toesa.

Tampoco se ha de desesperar de conducir el agua donde se quisiere, aunque sea necesario que passe por otros sitios mucho mas baxos que el otro adonde quiere llevarse, con tal, que este no estè mas alto que el manantial, ò pila, de donde viene. El agua que se distribuye en todos los Jardines, y Casas de Paris, y que se hace subir hasta los quartos altos, viene por cañerías, que passan por debaxo de los empedrados de las calles; pero tiene su origen en alguna fuente, ò edificio público, como las pilas del puente de nuestra Señora, ò de la Samaritana, &c. mucho mas altas, que el lugar adonde se destina el agua, yà por la posición natural del sitio,

yà por la disposicion del Arte.

Nadie ignora , que la superficie de los líquidos es un plano horizontal , tenga la figura que tuviese el vaso que los contiene. Esto es consecuencia necesaria , deducida del equilibrio de las partes ; porque siendo iguales à la altura MN las presiones de las columnas GM , OP , HN , (*fig. 7.*) por ser de una misma materia , los volumenes seràn iguales à dicha altura , y por configuiente las extremidades H , y G , se hallaràn en la linea GH .

Pero este que nos parece plano horizontal, solo lo es à la vista ; porque quando la superficie de las aguas se extiende à una distancia harto dilatada , por el mismo principio se prueba que ha de ser convexa ; y la experiencia concuerda muy bien con la theorica.

Qualquiera que haya estado en algun Puerto de mar , ò que haya viajado por agua , havrà notado , que al llegar un Navio, se ven primero los mástiles, que el casco ; como tambien , que al acercarse à una Ciudad se descubren las Torres , y texados antes de vérsese las puertas de las casas. Esto nace de que no podemos vér sino por linea recta , y que la convexidad del mar intercepta el rayo visual , que viene del casco del Navio à los ojos del que observa , à una distancia en que queda libre el rayo que sale del mástil , como se vé en la *fig. 8.*

A la verdad , si las extremidades superiores

a, b, c, de las columnas de agua, que componen el mar, deben, en virtud de su igual gravedad, estar à igual distancia del centro de la tierra *d*, que es el centro comun de todos los cuerpos graves; nunca podrán disponerse de forma que se hallen todas en el plano representado por la linea *e f*; y así havrán de componer una superficie convexa, cuyo centro esté en el punto *d*, (*fig. 9.*)

En fin, del equilibrio de las partes de un mismo líquido se infiere, que basta ver un vaso de muchos que comuniquen entre sí, para juzgar de la altura del líquido en los otros. Porque, aun quando se me ocultasse uno de los brazos del Siphon de la *fig. 6.* ò el vaso grande de la 7. el licor en *A*, ò en *I* me mostrarían infaliblemente (en fuerza del principio que queda fundado) que en la otra parte está tambien à la misma altura.

De este modo, no solo puede conocerse la altura del líquido en un vaso obscuro, ò inaccesible, sino que así mismo podemos llenarlo. Porque si en el tubo *I* se echa un líquido, solo podrá mantenerse en él, por el contrapeso de una columna igual en el vaso grande *G H*. Pero ésta no puede levantarse, ni sostenerse por sí sola; pues conforme vaya comenzando à formarse, se irá deshaciendo por su propio peso, y por la fluidéz de sus partes, sin llegar à la altura *O*, hasta que el vaso esté suficientemente lleno.

PROPOSICION QUINTA.

LOS líquidos exercitan su presión, así perpendicular, como lateral, no à proporción de su cantidad, sino à razón de su altura sobre el plano horizontal, y de lo ancho de la base en que estrivan.

Es decir, que en caso en que perseverare siempre la misma altura, y fondo del vaso, se le podrá variar la figura, y la capacidad; de modo, que una cantidad determinada de agua, v. gr. podrá tener un esfuerzo 200, ò 300. veces menor, segun el modo con que se empleare el agua: Proposición al parecer paradoxa, pero certísima, y de grande importancia, por lo mucho que influye en casi todas las máquinas hydraulicas.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LAS dos pilastras A C, B D, puestas en los lados A, y B de la cubeta de la *fig.* 10. tienen dos mortajas en la parte de adentro, en las quales entran los dos pies de la pieza E F, de modo, que se pueda subir, baxar, y fixarse con los dos tornillos C, D. En E, y en F hay dos pilaritos abier-

Fig. 8.



Fig. 7.

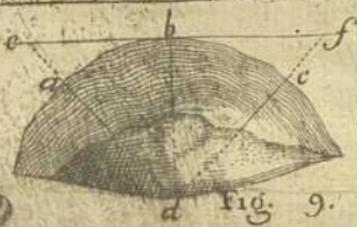
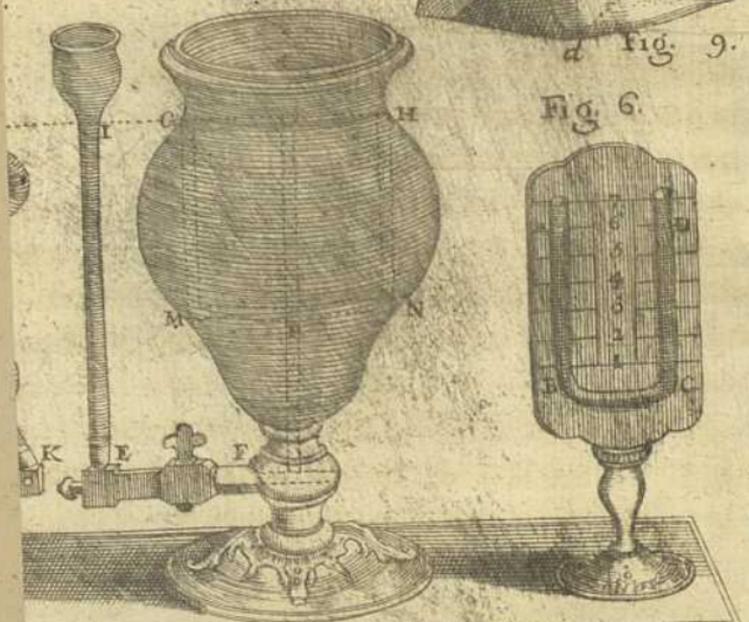


Fig. 9.

Fig. 6.



Conz.

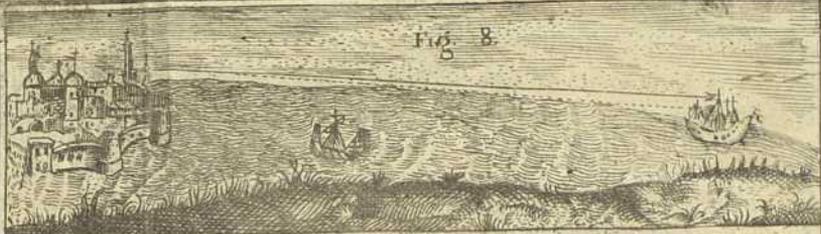


Fig. 8.



Fig. 7.

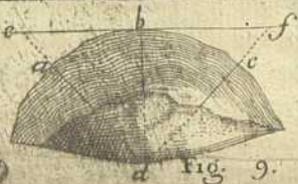
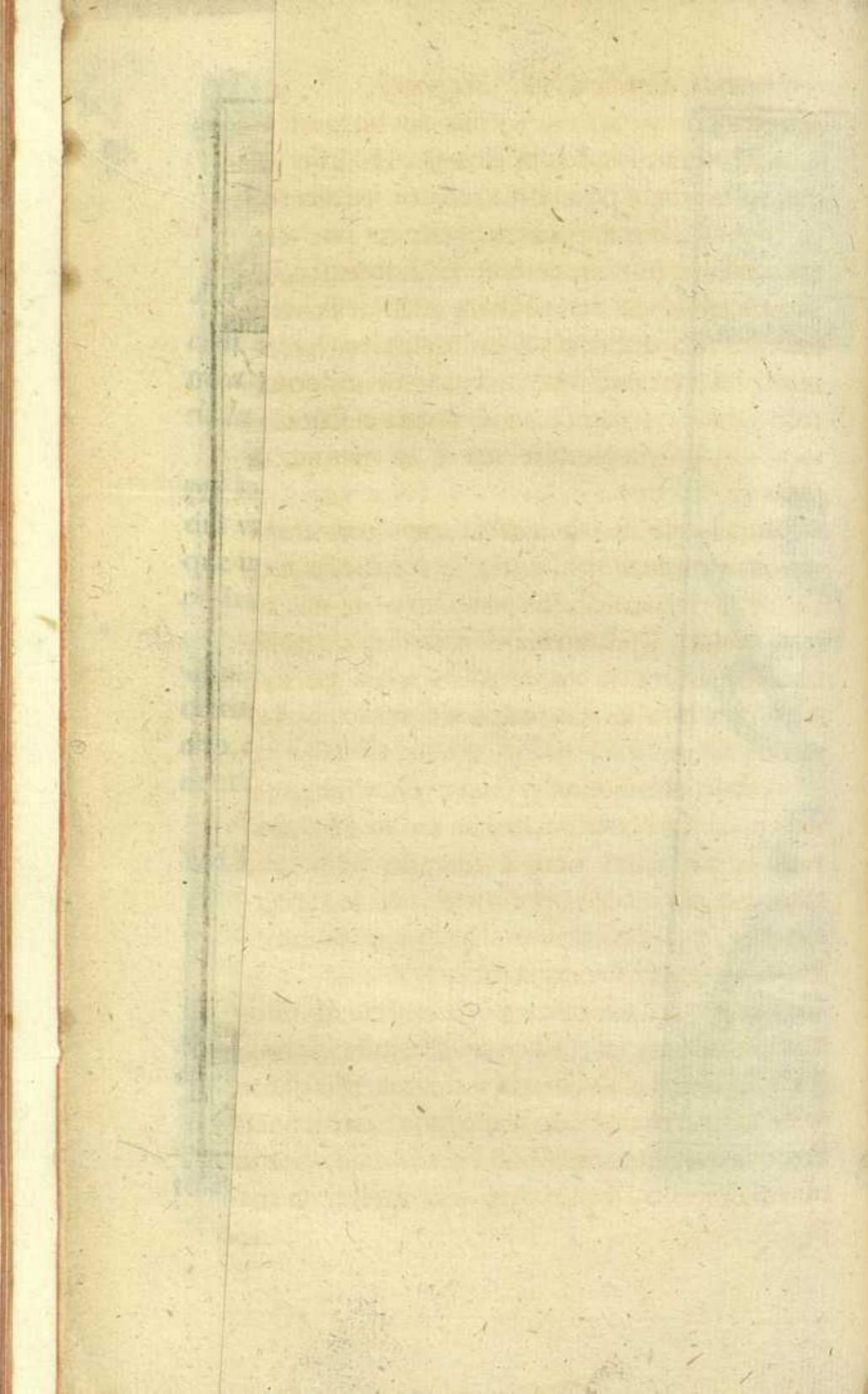


Fig. 9.

Fig. 6.



abiertos por arriba en forma de horquilla, en la qual entran los dos brazos G, H, que rematan, por una, y otra parte, en dos segmentos de garruchas, cuyas gargantas tienen por centro el centro de movimiento en las horquillas.

En el fondo de la cubeta están de firme unas trevedes, en que encaxa un cylindro hueco de metal IK; en éste sube, y baxa un émbolo untado, para evitar quanto se pueda el frotamiento. Una, y otra pieza se ven à un tiempo en la *fig. 11.*

En el cylindro se ajustan con tornillos diversos vasos de vidrio, como se ven en las *fig. 10,* 12, y 13. guarnecidos por abaxo de una birola de metal, y por arriba de una taza de hoja de lata. La altura de los vasos es igual en todos, pero la figura es en todos diferente, como se puede ver.

Puesto uno de los vasos en el cylindro, como en la *fig. 10.* y puestos en los dos brazos las pesas L M, éstas tiran à levantar perpendicularmente el émbolo, por medio de la vareta de metal N, y del cordón que passa por la mortaja abierta en el centro de la pieza E F.

La *fig. 14.* representa una especie de linterna cubica de metal, à la que se ajusta el cylindro, y uno de los vasos arriba dichos. En el fondo de la linterna està de firme una garrucha O, por cuya garganta passa una cuerda atada por un cabo al émbolo, y por otro à la vareta; de mane-

nera , que puesta esta pieza sobre las trevedes en la cubeta , se mueve el émbolo horizontalmente , siempre que quede libre el juego de los dos brazos , en virtud de las dos pesas L M.

La cubeta A B està forrada de plomo por de dentro: las piezas de hierro estàs dadas de barniz : las que entran con tornillos , ajustan bien con unos anillos de cuero : el émbolo se mueve con la libertad posible : y las dos pesas son dos vasos de cobre , ò dos platos de balanza , que puedan cargarse mas , ò menos ; y en el punto H , hay una llave para dexar correr el agua , quando sea necesario.

E F E C T O S .

Ajustado à la máquina el vaso cylindrico de la *fig.* 10. llenese de agua , y carguen se las balanzas , de modo , que su peso pueda apenas levantar el émbolo ; digo , que el efecto serà el mismo , aun quando à este vaso se substituyan los otros de las *figuras* 12 , y 13 , cuyas capacidades son muy diferentes entre si.

El mismo peso se necesita , y es suficiente , si se ajustan à las trevedes las piezas de la *fig.* 14 , llenando de agua el vaso à la misma altura , que en las Experiencias precedentes , empezando à contar desde la parte inferior de la garrucha O.

EXPLICACIONES.

Dos resistencias hay que vencer para mover el émbolo de abaxo arriba ; es à saber , la de su frotamiento en el cylindro , y la del peso del agua. La primera no puede variar , haciendo las experiencias sin intermision , pues el émbolo, y cylindro son los mismos. Con que si no hay necesidad de aumentar el peso , ni tampoco éste se puede disminuir , quando se ponen en la máquina los otros dos vasos (con tal que esté el agua en todos à la misma altura) señal es que los líquidos , segun nuestra proposicion , no pesan en el fondo del vaso à proporcion de su cantidad , sino segun lo ancho del fondo , y segun la altura perpendicular del líquido.

Fuera de esto , para tirar del émbolo horizontalmente , se requiere la misma fuerza que para levantar el agua por una direccion vertical: luego la presión lateral de los líquidos equivale à la perpendicular , supuesta la misma elevacion.

Estos efectos , por mas maravillosos que parezcan , se prueban incontestablemente con las Experiencias que acabamos de citar ; pero no por esto quedan explicados. Muy útil es saberlos , y no menos digno de curiosidad conocer su causa. Procurèmos descubrirla , examinando lo que sucede en cada vaso : empecemos por el mas simple. La

La massa cylindrica de agua, contenida en el vaso I K N, se puede considerar de dos maneras: ò como un haccecito de columnas, ò como una pila de muchos trozos puestos unos sobre otros. (Vease la *fig.* 15.) De qualquier modo que se confidère, no se puede negar, que la base *a b* està cargada de la suma total de dichas columnas, ò trozos. Es evidente tambien, que conocido el peso de una de ellas, se conoce el de todas juntas, porque lo ancho de la base dà el numero de columnas; ò la elevacion del agua sobre la base determina el de los trozos. De donde se infiere, que en un vaso cylindrico, puesto perpendicularmente al horizonte, los líquidos pesan del mismo modo que los sólidos, si se mira à la base.

La *fig.* 16. representa el corte, paralelo al exe, del vaso de la *fig.* 13. Facilmente se puede ver, que la base *c d* solo sostiene las columnas que descansan sobre ella perpendicularmente, puesto que las otras se mantienen en los lados del vaso, como en un plano inclinado. Con que siendo *c d* igual à *a b* de la *fig.* 15. es evidente, que las dos bases quedan igualmente cargadas. No hay duda que la fluidèz sirve tambien de algo; porque en tanto la base solo se carga del peso de la parte *c e f d*, en quanto ésta puede moverse, y exercer su gravedad independientemente del resto de la massa. Si la massa total estuviera compuesta de varios trozos orbicula-

Fig. 11.

Fig. 13.

Fig. 10.

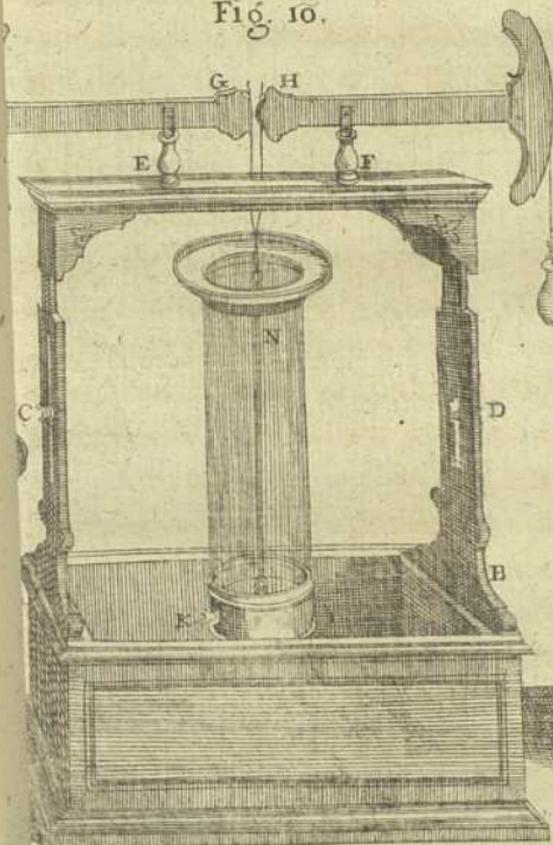


Fig. 14.



Goussier



Fig. 11.

Fig. 13.



Fig. 10.

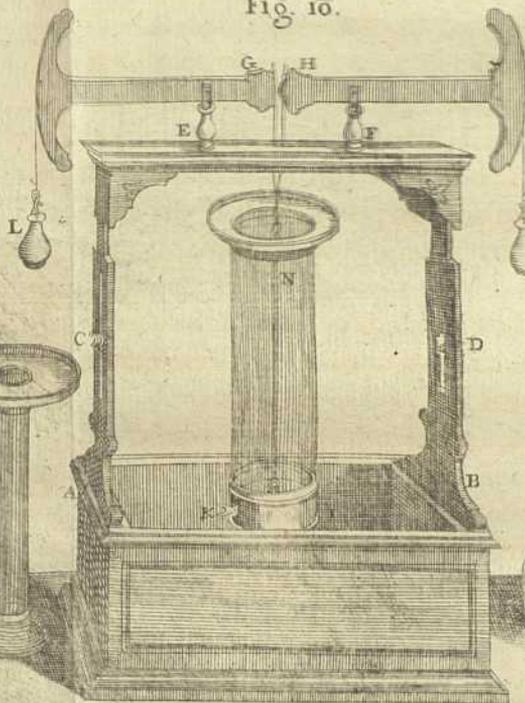
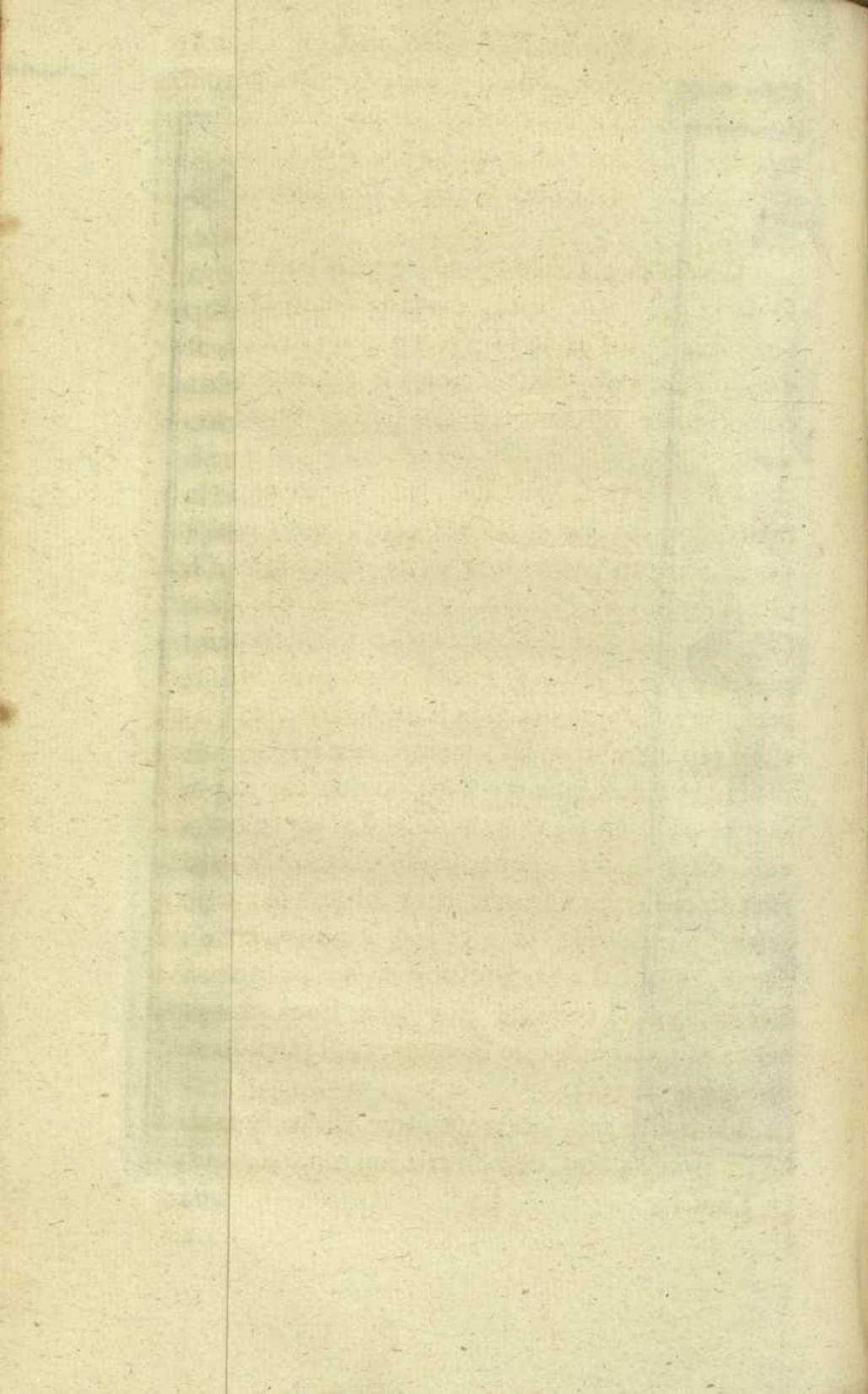


Fig. 14.



Fig. 12.





tes, pero sólidos, como $g b, i k$, &c. entonces no sería difícil concebirla como sostenida totalmente por los lados del vaso; y el fondo solo mantendría el ultimo trozo infinitamente delgado.

Cómo es posible, pues, que la base del vaso de la *fig.* 12. esté tan cargada como la de los otros dos? En el de la *fig.* 17. solo llena la elevacion del vaso la columna nn : cómo podrán comprimirse igualmente las partes inmediatas oo ?

Facilmente se concibe, que sufran una cierta presión las partes oo del vaso, pues es evidente, que sostienen una parte del fluido, que por sí mismo es pesado, y como queda dicho, (*fig.* 4.) no solo las partes oo , sino tambien las partes pp, qq , (*fig.* 17.) participan de esta presión; lo que es difícil concebir, es, que estén tan comprimidas, como la parte n . A la verdad, la columna nn debe comunicar su presión en o , y en q , por medio de los globulos que tira à separar; pero siendo obliqua la direccion de la fuerza con que obra sobre una, y otra parte, parece que la presión en o , y en q no puede ser igual à la presión en n ; porque una fuerza, que se exercita por una linea obliqua, nunca es igual à la que se emplea, siguiendo una direccion directa.

Confieso, no obstante, que dicha igualdad no se prueba con demonstracion alguna rigoro-

fa; pero la experiencia no dà indicios de la mas minima diferencia; y si hay alguna, se puede mirar como infinitamente pequeña, mayormente si reparamos en dos cosas: la primera, que las molèculas de un cuerpo liquido son muy diminutas. La segunda, que no se tocan unas con otras con tanta immediacion, como quando llegan à faltar las causas de la liquidèz. Supuestos estos dos principios, creo se podrà indicar la causa del efecto de que tratamos. Porque siendo infinitamente diminutas las partes de los liquidos, (aun quando estuviessen separadas unas de otras à una distancia tambien infinitamente pequeña) la accion de una de ellas impedida contra otras dos, aunque tome una direccion obliqua, se puede mirar como directa, porque casi se confunden entre si estas direcciones en fuerza de la infinita pequeñez de las partes. (Vea-se la *fig.* 18.) Lo que hace mas probable esta idèa, es que la presion lateral, que en los liquidos no difiere sensiblemente de la perpendicular, es mucho menor en los fluidos menos finos, como la arena, el grano menudo, los perdigones, &c; y finalmente disminuye, y llega à cessar del todo en las massas, que passan de liquidas à solidas. Lo qual sucede sin duda, porque se acercan las partìculas unas à otras, se aglomeran, y forman otras molèculas mayores; y en vez de obrar como el globulo 1. sobre los otros dos que toca, exercitan una accion mas obliqua.

gua, como el globulo 2.

APLICACIONES.

Las Experiencias, que acabamos de explicar, nos conducen naturalmente à decir algo de las bombas, por ser generalmente las mas útiles, y mas usadas entre las maquinas hydraulicas. Es muy del caso conocer á lo menos sus partes principales, los principios en que se han de fundar sus dimensiones, y el modo de aplicar su fuerza para vencer la resistencia del fluido que se quiere levantar, para que de esta suerte nadie se dexé engañar de su imaginacion, ó de las falsas promessas de ciertas personas poco ilustradas con las luces de la theorica.

Las principales partes de las bombas por lo ordinario son unos cylindros huecos, como A B, ó CD, (*fig. 19.*) que comunmente se hacen de metal: unos èmbolos EF, que llenan una parte del cañon, y que se mueven de abaxo arriba alternativamente por medio de una barra G, à la extremidad de la qual se aplica inmediatamente el motòr; ó si no, con una manija, palanca, ù otra màquina: fuera de esto hay unos tubos, que se elevan, como KL, à la altura à que se quiere llevar el agua: finalmente hay *sopapos*, *valvulas*, *compuertecillas*, ò *ventanillas*, que por un lado dexan passar el agua, y por otro impiden que vuelva atràs,

como puede verse en el fondo de los cylindros B, ò D.

Generalmente se pueden distinguir dos generos de bombas compuestas de las partes arriba dichas: esto es, bomba *atractiva*, y bomba *compressiva*. Aqui no hablaremos de la primera, porque para su inteligencia es necesario saber algunas propiedades del ayre, de que aun no hemos dado noticia. Solo hablaremos de las *compressivas*; esto es, de aquellas en que el embolo impele inmediatamente el agua de abaxo arriba, ò de arriba abaxo.

Luego que en el cañon A B v. gr. se levanta el embolo de B à A, queda un vacío entre el, y el fondo de la bomba, y el agua del pozo, ò del estanque, en que entra parte del cañon, sube à llenar el vacío, impelida de las columnas inmediatas, como en los tubos de la *fig. 5.* y de otra causa, que presto daremos à conocer. Quando baxa el embolo, el agua detenida en la valvula del fondo de la bomba passa por un canal, que hay en el cuerpo del mismo embolo, y se mantiene sobre el, por haver en la parte superior otra compuertecilla, que le cierra el passo. Y asì volviendo segunda vez à levantar el embolo, se vuelve à llenar la parte inferior del cañon, y el agua que estaba en la parte superior, sube aun mas arriba; continuando de esta suerte, se vendrà finalmente à llenar la bomba, y se podrá aprovechar el agua del modo que se quiere.

fiere. En el otro cañon CD, que està del todo dentro del agua, èsta cae de su proprio peso, y passa por el canal del èmbolo, para llenar el espacio que quedará vacío al levantarlo: despues al baxarlo, se cierra con una valvula la boca inferior de dicho canal, y el agua se vè forzada à entrar en el tubo K, de donde no puede caer, por impedirselo otra ventanilla, que se cierra con el peso de la misma agua. Reiterado de esta suerte el movimiento del èmbolo, se llena el tubo, y echa el agua à la altura, en que termina.

En una, y otra màquina es facil evaluar la resistencia del peso del agua, que se levanta: pues segun los principios arriba dichos, y las experiencias de que nos hemos servido para probarlo, (tenga la columna del fluido la forma que se quisiere) siempre hallarèmos su justo valor, multiplicando lo ancho de la base (esto es lo ancho del èmbolo) por la altura perpendicular del cañon, que se levanta en alto. En una de las bombas la columna de agua descansa sobre el èmbolo que se levanta; en la otra resiste al èmbolo que baxa; pero por lo que mira à la fuerza que se hace, lo mismo es lo primero, que lo segundo. Con que suponiendo un èmbolo tan ancho, que la columna de agua à quien sirve de base pese veinte libras por pie, si el tubo montante tiene veinte pies de alto, aunque no tenga mas que una pulgada de diametro, la suma de la carga contra el èmbolo serà 400, pro.

producto de veinte, multiplicado por veinte, como si el diámetro de toda la columna de agua fuese igual al de su base.

De aquí se infiere, que no se gana nada en que sean delgados los tubos por donde se conduce el agua de una bomba; al contrario se pierde en ello, por el aumento de los frotamientos; porque (como queda dicho en la Lección III. *Vease Tom. I. Lec. III. Art. II.*) esta especie de resistencia crece como las superficies, *ceteribus paribus*, y la superficie interior de un tubo delgado, mirando à la solidez del contenido, es mayor que la del otro mas grueso.

Supuesto que una columna muy delgada de un líquido puede exercitar una presión harto grande, quando la base es muy ancha, no será mucho, que algunos quartillos de agua hagan rebentar un tonel, si estos se echan en un tubo bien largo, que venga à parar perpendicularmente sobre él; porque entonces, teniendo la columna lo ancho del tonel por base, tiene la misma fuerza, que si toda ella fuese tan ancha como el tonel. Los curiosos que quisieren hacer esta experiencia, sabrán que los tonèles en que se echa el vino en París, resisten mucho mas de lo que se puede creer: Un tubo de veinte pies de largo no me ha bastado tal vez para hacer rebentar un medio pipote: El pipote rebienta mas presto por ser mayor su base.

Dos frascos v. gr. llenos de agua, abiertos
igual-

igualmente por un lado , de manera que el agujero estè mas baxo que la superficie del fluido, se derramaràn con tanta mayor velocidad, quanto el líquido estè mas alto que el agujero ; porque la parte del fluido , que actualmente se derrama , està oprimida del peso de una mayor columna. Por esso las fuentes se elevan mas , y gastan mas agua , quanto èsta viene de mas alto ; y la altura del chorro disminuye à proporcion que se vàn vaciando las pilas , de donde viene el agua. De aqui se infiere tambien , que un vaso de una capacidad uniforme , como un cylindro, un prisma , &c, puesto sobre su base , no se derramarà igualmente en tiempos iguales , si la abertura està en el fondo ; porque las cantidades vàn disminuyendo à cada instante , como la altura del fluido disminuye. Por esta razon se ha de tener gran cuidado en que el agua estè siempre à la misma altura en las arcas , en donde se reparte , segun las concessiones hechas à los particulares.

Antes que la Reloxeria llegasse al grado de perfeccion , y estuviessse tan en uso como hoy dia , estabamos obligados à medir el tiempo, sirviendonos de algun líquido , ò fluido. La *Clespydra*, y el *Relox de arena* no son mas que unos vasos , que por un lado se vacian , y por otro se llenan de agua , ò de algun polvo muy fino en un tiempo determinado. Pero esta especie de iustrumentos nunca puede ser la mas
 per-

perfecta, porque en general la velocidad del chorro depende, no solo de la altura perpendicular del fluido, (que puede medirse con facilidad, y que aqui es nuestro principal objeto) sino tambien de la cantidad de los frotamientos, de los grados de fluidèz, y densidad, que son muy variables, y dificiles de evaluar.

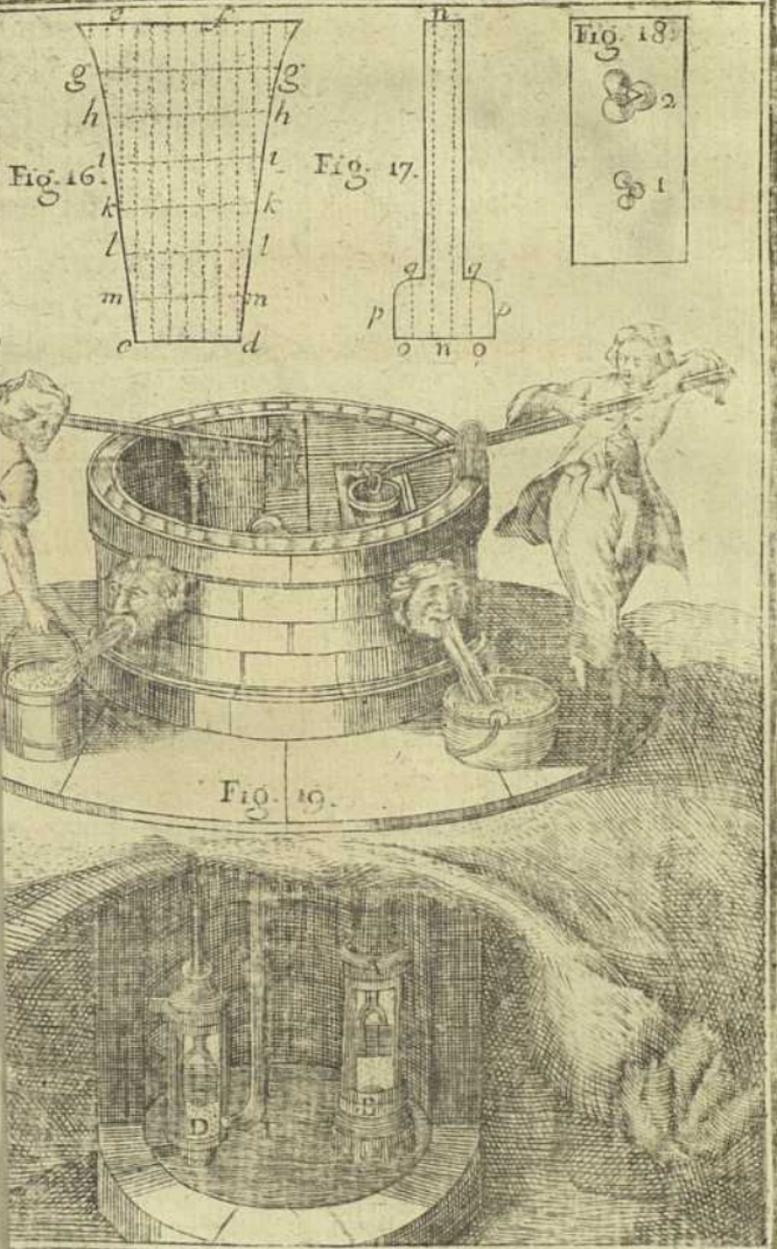


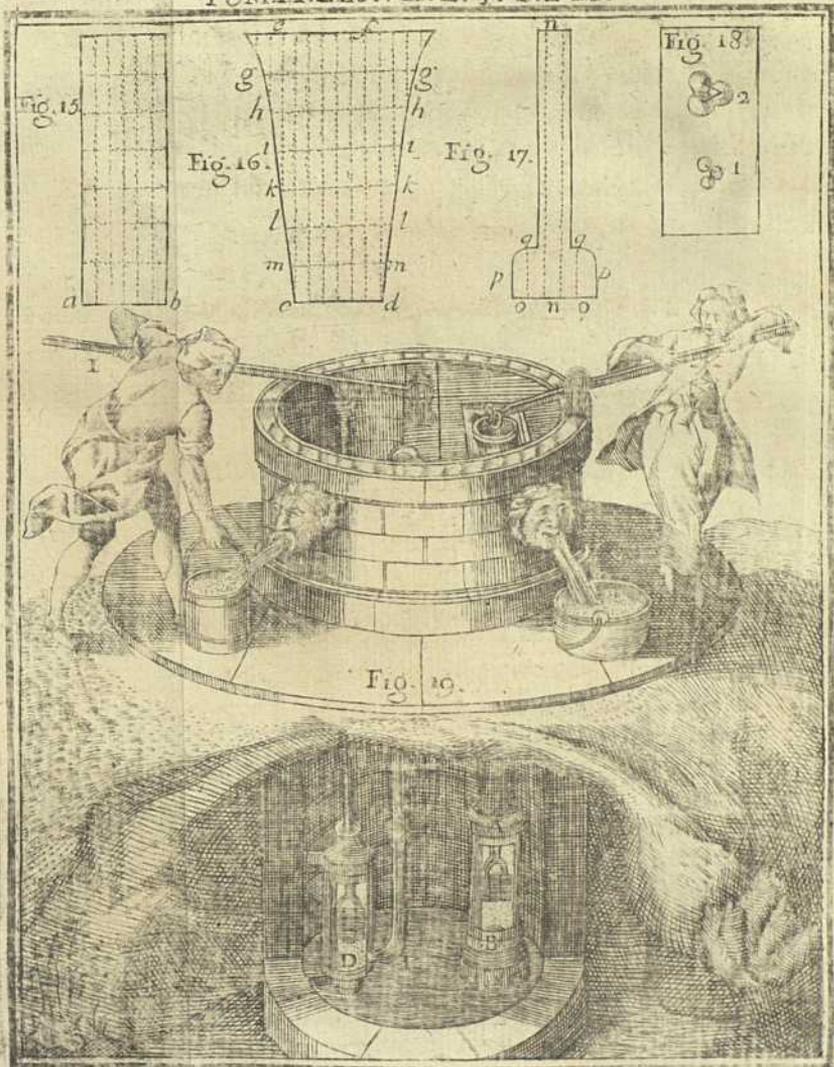
SECCION SEGUNDA.

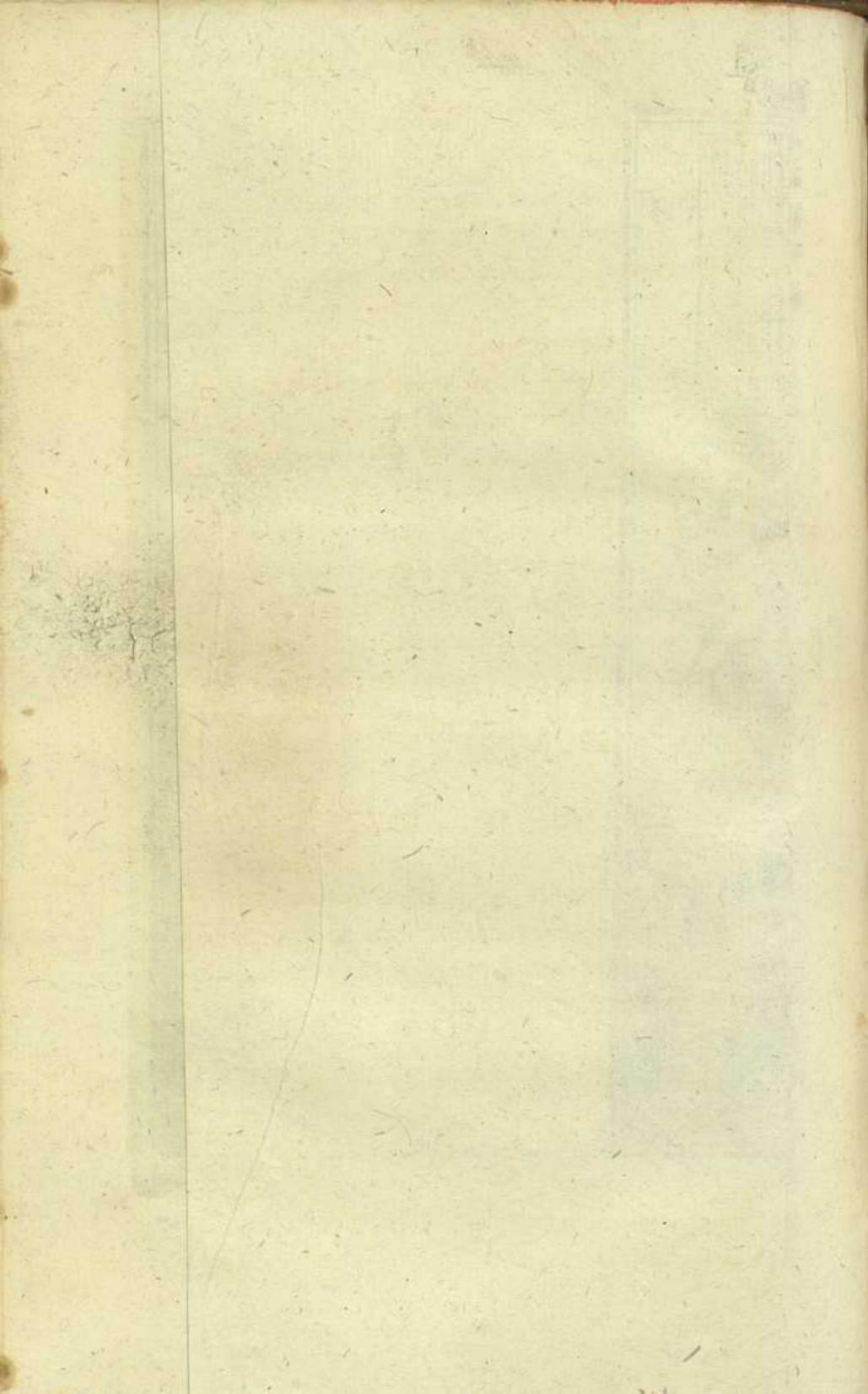
DE LA GRAVEDAD, Y EQUILIBRIO de varios liquidos de diferentes densidades.

AL principio de la Seccion primera propusimos una idèa de los liquidos en general, considerandolos como un conjunto de cuerpecitos sòlidos, muy duros, independientes unos de otros, pesando cada uno de por sÌ, y à proporcion de sus massas diminutas. Por ahora, para dár à conocer el efecto de dos liquidos de diferente densidad mezclados en un vaso, solo añadirèmos à la descripcion dada, que los corpusculos de que se componen dichos liquidos, estàn tambien compuestos de otras partículas mas sutiles, muy trabadas, y adherentes unas à otras: siendo, pues, mayor, ó menor la densidad

de







de estas moléculas , y ocasionando su figura , y tamaño un mayor , ò menor vacuo en el conjunto , es claro , que los fluidos , ò líquidos que resultáren , serán tambien mas , ò menos densos.

Quando se comparan varios líquidos , para saber su peso ; ò la comparacion se hace entre volumenes de un tamaño sensible ; (como quando se compara el agua con el aceyte , ò con el mercurio , &c. en distintos vasos) ò solo se comparan las partes mismas entre sí (como si se mezclasse el agua con el vino , ò con el ayre en un mismo vaso) : de qualquier modo que esto se haga , la gravedad seguirá sus leyes como siempre ; pero la fluidèz será causa de nuevos efectos particulares , que vamos à examinar.

PROPOSICION PRIMERA.

LA diferencia del peso , ò de la densidad de dos líquidos mezclados basta para separarlos uno de otro , con tal que no haya alguna causa mas fuerte que lo impida.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EChese un poco de vino tinto hasta A en el vaso de la *fig.* 20. que està dividido en dos partes; y estas tienen comunicacion una con otra por medio de un canal de linea, y media de diametro. La parte superior se llenarà de agua, y el vaso se pondrà en un sitio donde no padezca la menor agitacion.

EFECTOS.

Por la extremidad del canal A se vè inmediatamente levantarse una columnita de vino, que se extiende despues sobre la superficie del agua, hasta que poco à poco los dos líquidos mudan enteramente de sitio.

EXPLICACIONES.

Siendo mas pesadas las partes que componen la massa del agua que las del vino, tendrán más fuerza, y venceràn la resistencia de éste, ganando el fondo del vaso. De aqui es, que una columna de agua, capáz de llenar poco mas, ò menos la mitad del canal A, se dirige de arriba abaxo, y una igual cantidad de vino sube

al mismo tiempo de abaxo arriba. Conforme van pasando de una parte à otra las dos columnas, se van separando de su respectiva massa, y finalmente el agua ocupa la parte inferior del vaso, y el vino la superior; porque dos cuerpos no pueden al mismo tiempo ocupar el mismo sitio, como queda dicho en la *Lección III. Sección III.* hablando de la impenetrabilidad de la materia.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL vaso cylíndrico de la *fig. 121.* contiene cinco fluidos diferentes: es à saber, 1 mercurio, 2 aceyte de tartaro, 3 espíritu de vino, 4 espíritu de trementina, 5 ayre.

EFFECTOS.

No moviéndose el vaso, cada fluido ocupa el sitio que corresponde à su gravedad específica; esto es, el mercurio està en el fondo, inmediatamente se sigue el aceyte de tartaro, luego el espíritu de vino, despues el espíritu de trementina, y finalmente el ayre. Vuélvase el vaso de arriba abaxo varias veces, para mezclar todos los líquidos: luego que cessa el movimiento cada uno toma su sitio, pero el mercurio, y

aceyte de tartaro mas presto que los otros.

EXPLICACIONES.

Mayor es la diferencia de estos cinco fluidos entre si, que la del agua, y vino de la Experiencia passada, no solo en fuerza de sus gravedades especificas, pero aun tambien por su naturaleza. De aqui es, sin duda, que al agitarlos, no se mezclan, ni dividen tanto, como sucederia en otros mas analogos; por esso mismo se desprenden mas presto que los otros el mercurio, y aceyte de tartaro.

APLICACIONES.

Los vasos propios para esta especie de experiencias pueden tener diversas figuras, y disponerse de varias maneras. Por exemplo, se puede ocultar la capacidad inferior en que esta el vino de la primera Experiencia, encerrandola en un pedestal, ò de otro modo, B, *fig.* 20. dexando solamente descubierta la parte superior del vaso, en que se echa el agua. Los que carecen del conocimiento de estos efectos, quedan engañados, creyendo que el agua se convierte en vino. De esta suerte se engaña muchas veces la vista con varios artificios, que pierden todo lo maravilloso que hay en ellos, quando se llega à conocer la causa. Solo hablamos de esto

por

por enseñar à suspender el juicio en aquellas cosas que no conocèmos desde luego , y à no mirar como sobrenaturales los efectos que nos sorprenden à primera vista , por ignorar su causa physica.

Las materias grassas , animales , vegetales , ò minerales se componen de moléculas menos densas que las del agua ; y por consiguiente se desprenden , y separan de ella despues de mezcladas : comunmente nos servimos de este medio para separarlas , dandoles el tiempo preciso para que naden : assi tambien se separa la nata de la leche.

En la superficie del agua embalsada se notan tal vez varias manchas brillantes , que miradas de ciertos sitios , ofrecen à la vista varios colores del Iris. Esto no es otra cosa sino algunas particulas grassas , ò sulfureas , que se han levantado del fondo , como sucede en los terrenos bituminosos ; ò que se han desprendido de lo interior del agua , lo que casi siempre sucede en los pilones en que se lava la ropa. Si una gota de acyete , ò una particula grassa nadan sobre el agua , lo mismo havrà de suceder (y en efecto sucede) quando la cantidad sea mayor. Y assi mientras mas gordo estuviesse un animal, *ceteris paribus*, tanto mas facil le es el nadar : segun esto , un bucy , un puerco , &c. corre menos riesgo de ahogarse , que no una liebre , ò qualquier otro animal flaco.

Aun podriamos traer por exemplo el ascenso de los vapores, y de las exhalaciones; pero esta aplicacion queda prevenida en la Leccion precedente, en donde dexamos dicho, que el humo, y la llama, segun la comun opinion, solo se levantan en el ayre, por su ligereza respectiva, que no es mas que una menor gravedad, como el ayre se levanta sobre el aceyte, éste sobre el agua, y ésta sobre el mercurio.

Aunque (generalmente hablando) un líquido mas ligero pueda levantarse pasando por entre otro mas pesado, tal vez faltará este efecto, segun las circunstancias. El agua, y vino de la primera Experiencia, no se separan quando se vierten de golpe uno sobre otro. El aceyte, batido con el agua, y el ayre que se mezcla con ellos, pierden su fluidéz; lo mismo sucede con la clara de huevo, y la nata batida; y esta especie de mezclas se mantienen así mucho tiempo.

Lo que solo prueban estos exemplos, es que hay algunas causas que se oponen à los efectos de la gravedad en la separacion de los fluidos mezclados; estas pueden llegar à predominar, pero no por esto destruyen el fundamento de nuestra proposicion. Traygamos aqui à la memoria lo que diximos en la tercera Leccion acerca de las frotaciones. Aumentandose esta especie de resistencia à proporcion que se multiplican las superficies, podrán los líquidos mez-

cla-

clados quedar divididos en volumenes tan pequeños, que el uno toque al otro por muchas partes, y que la diferencia de sus gravedades (que sería la causa de su desunion) no iguale al frotamiento, ú à la dificultad que tienen de separarse, que es lo mismo. Por esta razon misma el vino, que por sí solo pesa casi tanto como el agua, persevera en ella del mismo modo que cae si lo echan de golpe; al contrario, si valiendose de la forma del vaso, ù del modo de verterlo, se contraponen dos volumenes mayores, y con menos superficie, respecto de su solidez, entonces el frotamiento casi siempre cede à la gravedad del agua. Por la misma razon tambien de los frotamientos aumentados por la division de las partes, se convierten el vino, y el aceyte en un una especie de *unguento*; la clara de huevo, la nata, &c. perseveran mucho tiempo hechas espuma; porque al ayre que se encierra en estos líquidos, està dividido en tantas partes, y tan intimamente mezclada con ellos, que no le basta su ligereza para separarlo. Otras dos causas se pueden añadir, de donde tambien nazca la dificultad de la separacion de las partes: la primera la viscosidad, que es mayor, ò menor en una materia que en otra, pero que se encuentra en todas; la segunda la analogia que se halla comunmente entre dos líquidos, y que probablemente consiste en una cierta conveniencia de figura, de tamaño, ù de superficie. El

espíritu de vino una vez mezclado con el agua, no se vuelve jamás à separar ; lo contrario sucede con el aceyte de trementina , siendo poco mas ligero que el espíritu de vino.

PROPOSICION SEGUNDA.

Muchos líquidos , ò fluidos de diferente naturaleza pesan unos sobre otros à proporcion de su densidad, y de su altura.

Esta proposicion no necessita ni de explicacion , ni de pruebas ; porque siendo pesado todo líquido por la precisa razon de ser materia, quando se añade un líquido à otro , se añade tambien un peso à otro peso ; y aunque el uno de ellos sea menor que el otro , no por esso dexará de tener su valor real , que debe entrar en cuenta. Si se quiere cargar el fondo de un vaso cylindrico de dos libras de líquido , y se empieza echando una de agua , se podrá despues , sin duda , completar la carga con otra libra de aceyte ; siendo ésta menos pesada , será necessario un mayor volumen , pero no por esso dexará su peso de contribuir à la presión que se quiere.

PROPOSICION TERCERA.

DOS líquidos de diferente densidad están en equilibrio , si , teniendo la misma base sus alturas perpendiculares al horizonte , están

en razon reciproca de sus densidades, ò gravidades especificas.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN uno de los brazos del tubo encorbado ECD (fig. 22.) se echarà un poco de mercurio hasta que passe de media graduacion la linea CD; el otro se llenarà de agua teñida de algun color.

EFFECTOS.

Estando la columna de agua à catorce graduaciones, el mercurio estarà una graduacion mas alto en el brazo D, que en el otro.

EXPLICACIONES.

El mercurio oprimido por un lado, de la columna de agua, se levanta en el otro hasta que queda en equilibrio con el líquido que lo oprime; luego que dexa de subir, la parte que queda mas arriba del nivèl, es igual à la decima quarta parte del agua; fuera de esto se sabe, que el peso del agua es al peso del mercurio como uno à catorce: luego es evidente, que las alturas de estos dos líquidos en equilibrio estàn en ra-

zon recíproca de sus densidades , supuesto que el agua está catorce veces tan alta , como el mercurio , y este es catorce veces tan pesado como ella.

APLICACIONES.

Reconocida una vez como verdadera la proposición que se acaba de probar , será fácil conocer la proporción de densidades entre varios líquidos , comparando sus alturas , quando estén en equilibrio ; porque facilmente se vé , que en lugar del mercurio se puede comparar con el agua qualquiera otra materia líquida , como el aceyte , el espíritu de vino , &c ; y se podrá juzgar de su mayor , ò menor peso por la altura que tuviese dicho líquido mas arriba del nivel.

Afsi como se puede juzgar de las densidades , comparando las altura , afsi tambien se puede juzgar de las alturas , sabidas las densidades , en caso en que no pueda medirse la altura del líquido mas ligero. Supongamos que un buzo en lo mas hondo del agua , tenga un tubo semejante al arriba dicho , y que la presión del agua sobre el mercurio solamente se exercite por un lado , dexando cerrado el otro : digo , que el buzo , viendo levantarse el mercurio un pie v. gr. sobre el nivel , podrá inferir con toda seguridad , que la presión viene de una columna de agua de catorce pies de alto.

Como los peces en el mar, así estamos nosotros en la tierra sumergidos en un dilatado fluido, que nos rodèa por todas partes, sin saber con precision la distancia à que se extiende. Desde que nacemos, nos acostumbramos à la presión del ayre, que es igual, y uniforme en todo el exterior de nuestros cuerpos; no la sentimos por ser continua; porque *sentir* no es otra cosa que la comparacion de nuestro estado actual con el precedente: una sensacion no ferà sensacion, si no llega jamás à interrumpirse. Por esto el conocimiento de la gravedad del ayre es un descubrimiento, que, aunque algo antiguo, goza aún todas las prerrogativas de la novedad. Apenas hay un siglo que se conoce la presión del ayre; antes, varios Philosophos, lexos de creerlo pesado, lo colocaban entre aquellas materias, à quienes atribuian una ligereza *absoluta*.

No por esto dexaba la naturaleza de mostrarse en varios efectos, que merecian las atenciones de los Sabios; pero estos interpretaban mal lo que la naturaleza les decia. Se havia visto, que el agua se levantaba sobre su nivèl en las bombas atractivas; se havia notado con admiracion, que sin mucha fuerza no se podia tirar del émbolo de una geringa, quando estaba tapado el cañoncillo; se havia reparado, que el movimiento de un fuelle no quedaba libre, si el cañon no estaba abierto: que con gran dificultad

tad se separaban dos cuerpos duros, y bruñidos, como el marmol, &c. Pero à todo esto se decía, que „ la naturaleza tenia una pasión secreta „ ta por llenarlo todo: siempre que haya algun „ vacuo de materia, se dà prisa à llenarlo la naturaleza: en una palabra, *la naturaleza aborrece el vacuo.*

Estos discursos tan mal fundados, y tan poco respectables, aunque harto respetados en los tiempos, en que la razón cedia à la autoridad de un *Nombre célebre*, impidieron muchos años el adelantamiento de la Physica. Galilèo, como qualquier otro, estuvo pagado del horror del vacuo, hasta que por sus mismos ojos viò que tenia tambien sus limites. Bien asegurado con repetidas pruebas, de que el agua solo subia treinta y dos pies sobre su nivèl en las bombas atractivas, quedando vacío el resto del cañon, si era mas largo; se rebelo finalmente contra este modo de philosophar; y lexos de pensar, como otro lo huviera hecho, que el horror del vacuo tenia su termino, siendole indiferente el passar adelante, comenzò à sospechar que esta especie de phenomenos nacia de una causa physica muy diversa de la que se havia creido hasta entonces. Toricelli su Discipulo convirtió la sospecha en evidencia. Este Philosopho, natural de Italia, fuè el primero que en el año de 1643 mostrò que una columna de ayre en la atmosphera se pone en equilibrio con otra columna-

lumna de qualquier otro fluido, teniendo la misma base. Con esta experiencia, que ahora repetiremos, quedò probada invenciblemente la gravedad del ayre, y à éste se le restituye con toda la autenticidad posible un sin numero de efectos, que antes se havia atribuido à otras causas puramente quimericas.

PROPOSICION QUARTA.

EL ayre es un fluido pesado, que exercita su presion por todas partes, como los líquidos.

Aunque tratarèmos aparte de las propiedades del ayre, no obstante aqui hablarèmos de lo que pertenece à su gravedad, como dependiente de la Hydrostatica. Todos los efectos del ayre, como pesado, son una legitima consecuencia de los principios de esta ciencia; y solo harèmos mencion de èl en particular, por ser su gravedad uno de los mas curiosos, è importantes descubrimientos, que se han hecho en estos tiempos. Solamente hablarè aqui de la relativa; en tratando de las otras propiedades, hablarè de la absoluta, repitiendo las experiencias que la prueban *à priori*.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Llenese de mercurio bien limpio un tubo de vidrio , de tres pies de largo , y cerrado por un lado. Tape se el otro con el dedo , y de esta suerte metase en un vaso qualquiera lleno tambien de mercurio , y estando dentro , quite se el dedo. (Vease la *fig.* 23.)

EFECTOS.

Luego que se destapa la extremidad inferior , quitando el dedo , queda un vacio en la superior ; y en el tubo queda una columna de mercurio de cerca de veinte y siete pulgadas y media de alto.

EXPLICACION.

El ayre es una materia , y como tal tiene (como los demàs cuerpos) una gravedad , cuyo centro es el de la tierra. Un cuerpo grave , segun lo que queda demostrado , exercita su proprio peso contra todo lo que se opone à su caida , ò le sirve de base. Y asì , quando una columna de ayre de la atmosphaera descansa sobre algun cuerpo , lo comprime à proporcion de

de su peso. Segun esto , la superficie del mercurio del vaso se halla comprimida del peso de una columna de ayre, à quien sirve de base : poniendo , pues , en qualquiera parte de esta superficie un tubo, que contenga una columna de mercurio mas pesada que la del ayre ; se hundirà , y baxarà la de mercurio , hasta que , disminuïda su altura , quede su peso en equilibrio con la presion que se exercita sobre todas las partes semejantes de la superficie del mercurio en que entra el tubo.

Esta experiencia sola no huviera hecho mas impresion en un hombre apasionado por *el horror del vacuo* , que la observacion de Galilèo sobre los limites de las bombas atractivas, que no passan mas allà de treinta y dos pies de alto : procuraria aun formarse alguna idèa para limitar tambien en la naturaleza la passion de llenarlo todo. Pero no queda el menor refugio, si se compara un efecto con otro. Quando se vè que las columnas de los líquidos , elevadas de esta suerte sobre su nivèl , disminuyen à proporcion que sus densidades se aumentan : quando estamos seguros de que la causa que hace subir el agua à treinta y dos pies , no puede sostener el mercurio que à veinte y siete pulgadas y medias ; y por otra parte se sabe , que el peso de estas dos columnas tan desiguales es perfectamente igual, entonces estaremos obligados à decir , que la causa de la elevacion no es ninguna qualidad

abstracta, supuesto que tiene tanta relacion con las leyes de la Estatica. En una palabra, este efecto por ventura no tiene todas las señas de un equilibrio? Tal lo creyò Toricelli, y tal lo creyò la mayor parte de los Physicos, que llegò à tener noticia de esta apreciable, y curiosa experiencia. Pero ninguno contribuyò tanto à descubrir, y dár à conocer la gravedad del ayre como Mr. Pasqual: havia-se tambien servido del horror del vacuo, como de un modo de hablar harto comun; pero lo havia hecho (como Galilèo) con toda aquella repugnancia que puede tener à explicarle con obscuridad un noble ingenio, formado por la naturaleza, solo para recibir, y proponer las idèas con la mayor distincion, y claridad. Valiendose de todo aquel ardor, y sagacidad, de que era capáz, se impuso bien en las idèas de Toricelli; y tanto por sí mismo, como por Mr. Perrier su cuñado, (que estaba entonces en Claramonte de Francia, y que podia servirse con ventaja de un monte muy alto, conocido baxo el nombre de *Puy de Dôme*) mostrò con la mayor evidencia lo que indicaba la columna de mercurio elevada mas arriba del nivèl; si bien este indicio era harto decisivo para los que havian abjurado de las qualidades ocultas, y no querian admitir mas causas que las mecanicas para explicar los efectos naturales.

Veamos el methodo que observò Mr. Pasqual,

qual, para saber con seguridad, si era efecto del equilibrio el que los líquidos se quedassen suspensos mas arriba de sus niveles, assi en las bombas atractivas, como en el tubo de Toricelli; y averiguar al mismo tiempo, si la potencia opuesta al peso del mercurio era verdaderamente una columna de ayre de la atmosphera, como lo parecia: „ Si el ayre, dixo, es la „ causa de este phenomeno, serà por ser pesa- „ do, y por ser fluido: luego su presion serà „ como la de los líquidos; disminuyendose, ù „ aumentandose à proporcion de su altura; y las „ columnas del líquido, con quien quedará en „ equilibrio, siempre quedarán mas, ò menos „ altas à proporcion de su densidad; veamos lo „ que nos dice la experiencia.

Por grande que sea el espacio à que se extiende la atmosphera sobre toda la superficie de la tierra, no se puede dexar de creer que forma al rededor del globo una especie de capa, cuya superficie es uniforme, y esphérica; como la del agua parece llana, tenga el fondo del vaso la figura que tuviere. En esta suposicion, las columnas de ayre, contando desde la extremidad de la atmosphera hasta el punto en que tocan con la tierra, serán mayores, ò menores, segun la mayor, ò menor elevacion del lugar en que se terminan: por consiguiente serán mayores al pie de un montaña, que en la cumbre; y si el ayre es pesado, la presion de las columnas

serà mayor en un sitio baxo , que en otro mas elevado.

Haviendo notado Mr. Perrier la altura del mercurio en el tubo de Toricelli al pie del *Puy de Dôme* , reparò que se baxaba mas , y mas, conforme se iban acercando à lo mas alto del monte ; y que al contrario el mercurio subia con las mismas proporciones , conforme el observador iba baxando ácia la Ciudad. Esta experiencia ideada por Mr. Pasqual se ha repetido varias veces , y el efecto , que resulta , es siempre el mismo. De donde se ha concluido , que el mercurio se sostiene sobre su nivel en el tubo de Toricelli en virtud de la presión del ayre sobre el vaso ; porque se veia baxar el mercurio à proporción que se acortaba la columna que correspondia al vaso en que entraba el tubo.

La presión del ayre sobre el vaso sostenia el mercurio en el tubo à veinte y siete pulgadas y media de alto. Para esto era necesario sin duda, que la columna suspensa de este modo , de ninguna suerte estuviessè expuesta al peso del ayre en su extremidad superior ; porque hallandose entonces entre dos presiones iguales, vendria de su propio peso à quedar à nivel. Y esto sucede sin duda , si llega à abrirse el menor agujero en la parte superior del tubo. Mr. Pasqual inventò la Experiencia que se sigue , para probar de una vez , que tan necesario es que el ayre exercite su presión sobre la superficie del vaso , como

que no la exercite en otra parte , para que la columna de mercurio se mantenga mas arriba del nivèl.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

FG, (*fig. 24.*) es un tubo de vidrio con dos encorbaduras en H; el qual tiene treinta pulgadas de largo desde G hasta K, y otras tantas desde H hasta F. En K hay un cañoncito, que comunica con lo interior del tubo, y que , quando se necesita , se tapa con un pedacito de vexiga mojada, ù otra cosa. Llenese de mercurio todo el tubo , y metase en el vaso, como se hizo arriba con el de Toricelli.

EFFECTOS.

Primero: El mercurio baxa hasta I, y se fixa à $27 \frac{1}{2}$ pulgadas sobre el nivèl , ò muy cerca de ellas. Segundo: Si con un alfiler se pica la vexiga que tapa el orificio K, inmediatamente éntra el ayre , y el mercurio contenido entre I, y G cae en el vaso: la otra porcion de mercurio se levanta desde H à $27 \frac{1}{2}$ pulgadas.

EXPLICACIONES.

Por esta Experiencia se ve lo primero , que el ayre es la causâ de estos dos efectos , supuesto que solo se producen quando se abre la comunicacion en K. Lo segundo , que la elevacion del mercurio desde G hasta I es verdaderamente un efecto de la presion del ayre exterior sobre la superficie del vaso , supuesto que el mercurio cae, luego que esta presion se halla en equilibrio con la columna de ayre en K. Lo tercero , que la presion del ayre exterior puede sostener el mercurio à veinte y siete pulgadas y media , supuesto que queda à esta altura en la parte H F.

Mr. Pasqual repitiò finalmente la experiencia de Toricelli con agua , con vino , con aceyte , &c. y segun todos los resultados , se viò, que la elevacion de todos estos líquidos sobre el nivèl se debia atribuir à la presion del ayre; porque siendo mayores , ò menores sus alturas en el tubo , à proporcion de sus diferentes densidades , era evidente , que quedaban en equilibrio con un peso siempre el mismo con casi ninguna diferencia. Y no habiendo mas que el ayre, que pudiesse corresponder à su base , dicho fluido se manifestaba à si mismo como la verdadera causâ de este efecto.

APLICACIONES.

Apenas se publicó la Experiencia de Toricelli, quando todos los Physicos se aplicaron con el mayor conato à repetirla, y à estudiar todas las circunstancias. Cada uno tenia en su retrete una columna de mercurio en el tubo, y la iba à visitar con mucha frecuencia. Un examen tan continuo no podia dexar ignorar por mucho tiempo las variaciones de la altura del mercurio; presto las percibieron; y por las Cartas de Mr. Chanut, encargado de los Negocios del Rey de Francia en Suecia, se sabe que MM. Descartes, Pasqual, y Perrier estaban muy bien impuestos, y que desde entonces (valiendose de esta experiencia) se discurrió hacer un instrumento nuevo meteorologico. Despues lo han llamado *barometro*, ò *baroscopio*, esto es, medida, ò observacion de la gravedad (del ayre.) A la verdad, siendo el peso del ayre el que sostiene al mercurio en el tubo, se puede inferir con razon que la presión aumenta, ò disminuye, quando el mercurio està mas arriba, ò mas abaxo de su altura media, esto es, de veinte y siete pulgadas y media. Y esta columna de mercurio, que sube, y baxa, es un indicio de la gravedad actual de la atmosphaera.

Aunque el barometro no tuviesse mas ventaja que la de avisarnos de la mayor, ò menor

flux-

fuerza con que obra sobre nosotros el fluido en que vivimos, esto solo bastaba para que ocupase dignamente un sitio en nuestro gabinete, prefiriendolo à otros muchos muebles, no menos superfluos, que inútiles. Pero tiene aun otra ventaja que lo hace mas estimable; esta es, anunciar de antemano las variaciones del tiempo, sobre todo quando han de ser muy considerables. Y es justo convenir en la importancia de estas predicciones para las labores del campo, para los viages, y para otras muchas ocasiones.

Esta propiedad del barometro està confirmada con las observaciones que se han hecho por el tiempo de cien años, en diferentes países, por diversas personas con el mayor escrupulo, y exactitud: sobre todo despues del establecimiento de las Academias, en que con gran cuidado se conservan las tablas meteorologicas, en las quales parece indubitable,

Primero: Que la altura media del mercurio en el barometro es de veinte y siete pulgadas y media en Francia.

Segundo: Que quando mas baxa, no llega à veinte y seis pulgadas, y que la mayor altura no llega tampoco à veinte y nueve.

Tercero: Que ácia el Equador son menores las variaciones; y mayores en los clymas septentrionales.

Quarto: Que quando el mercurio està en el

el barometro mas abaxo de veinte y siete pulgadas y media, anuncia lluvia, ò viento, ò lo que se llama mal tiempo en general.

Quinto: Que al contrario anuncia calma, tiempo seco, ò buen tiempo, quando excede las veinte y siete pulgadas y media.

Sexto: Que estas predicciones tal vez no se verifican, sobre todo, quando el mercurio varia poco, y lentamente.

Septimo: Que al contrario son infalibles, quando baxa, ò sube mucho en poco tiempo, como tres, ò quatro lineas en pocas horas.

Oçtavo: Que en Paris sucede rara vez, que las variaciones del barometro excedan la distancia de $26 \frac{3}{4}$ pulgadas à $28 \frac{1}{2}$.

De esta ultima observacion nació en los curiosos el deseo de tener otra especie de barometros, en que fuesen mayores las variaciones, para poder observar aun las mas diminutas. De aqui vinieron los barometros de dos tubos, que por esto llamaron *dobles*; otros con el tubo doblado en figura de codo, otros con quatro tubos, y otros muchos de diferentes figuras, &c. No harèmos aqui la descripcion de todos ellos, porque todos los conocen, y porque esta digression nos apartaria mucho de nuestro assunto principal. Solo dirè, que de quantos medios se han inventado para perfeccionar el barometro, ninguno hay tan ventajoso, y tan libre de inconvenientes que pueda preferirse al de Toricelli,

esto

esto es, al barometro que comunmente llaman *simple*, y està dibuxado en la *fig. 25*.

Este, aunque tan simple, necessita para su construccion de muchas precauciones, que no toman comunmente los que los hacen para vender. Se ha de llenar de un mercurio muy bien purificado: el tubo en lo interior ha de tener à lo menos linea y media de diametro: el vidrio ha de ser bien claro, y limpio; y no ha de quedar entre èl, y el mercurio la menor particula sensible de ayre. Tambien es necesario que lo ancho del vaso en que èntra el tubo, tenga tal proporcion, que la superficie del mercurio, que hay en èl, estè sensiblemente à la misma altura, suba, ò baxe el mercurio del tubo. Finalmente la escala, ò tronco de las variaciones ha de dividirse con la mayor exactitud; porque sería un defecto muy grande, si huviesse algunas lineas de mas, ò de menos en las veinte y siete pulgadas y media de la altura media: Lo que es muy posible, quando el que hace los barometros se contenta con pegar à una tabla un papel impresso con las divisiones, como lo hacen ordinariamente.

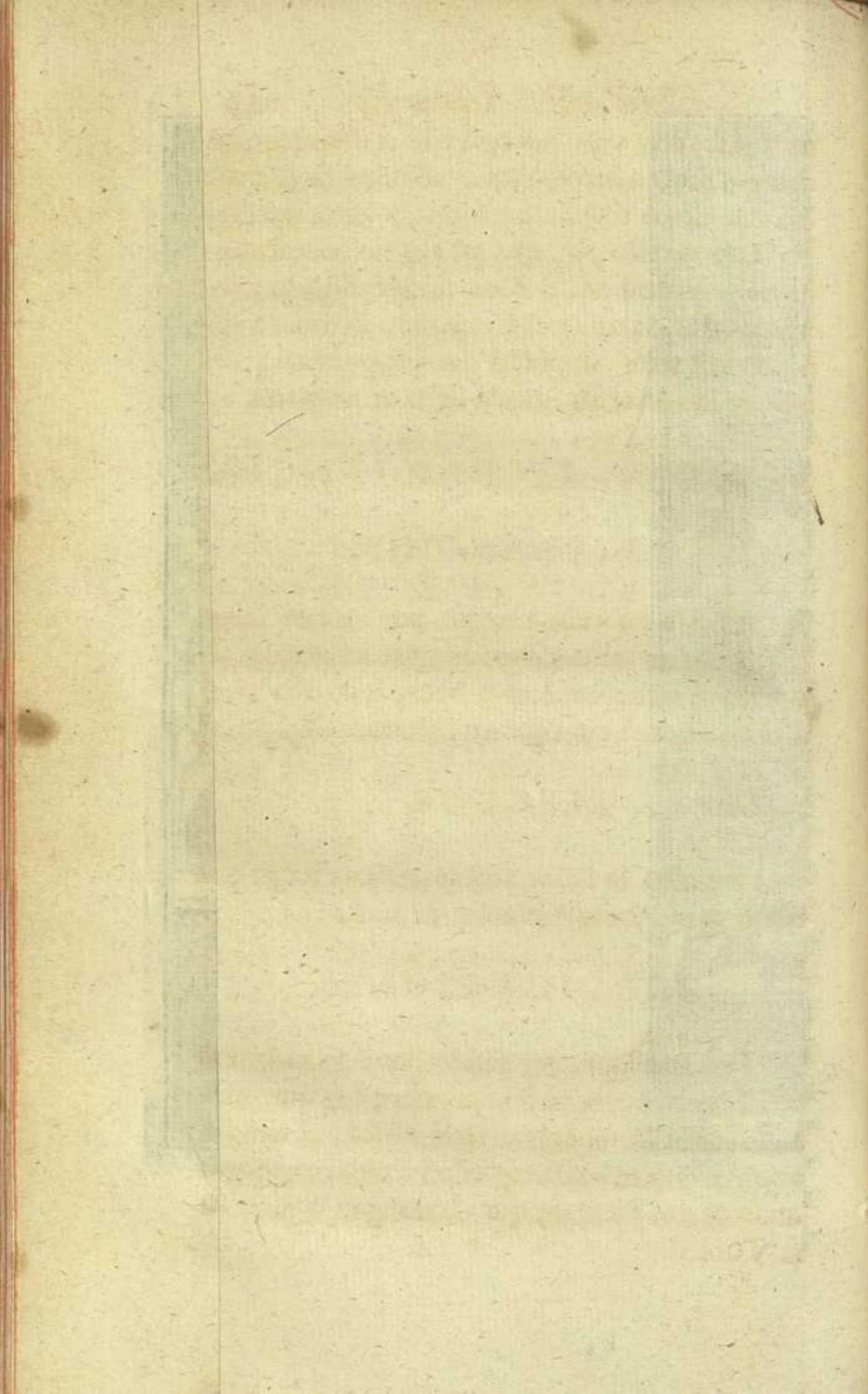
Aunque los Physicos convienen, en que el mercurio se sostiene à veinte y siete pulgadas y media por la presión del ayre de la atmósphera, no por esto concuerdan del todo en las variaciones que se observan. Se sabe que la mayor elevacion del mercurio denota una mayor presión de

par-



Gen. 16





parte del ayre; pero por què ésta es mayor en un tiempo que en otro? Y què afinidad hay entre ésta mayor, ò menor presión, y entre las variaciones de tiempo, que tal vez no suceden, sino despues de diez, ò doce horas? Esto lo examinaremos en otra parte, quando demos à conocer con mas amplitud las propiedades del ayre, y los diversos estados de la atmosfera.

SEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Metase un tubo abierto por ambos lados en un vaso lleno de agua teñida de algun color; chupese con la boca, ò de otra suerte el ayre que se contiene en el tubo, CD, (fig. 20.)

EFFECTOS.

El efecto lo saben aun los niños; luego que sale el ayre, se llena el tubo de agua.

EXPLICACIONES.

Siendo el ayre un fluido, que se halla universalmente sobre todos los cuerpos, que existen en toda la superficie de la tierra, el agua de nuestro vaso se havrà de considerar como oprimida de dos fuerzas, que la obligan à pesar so-

bre el fondo ; conviene à saber , la fuerza , ù el peso de su propria massa , y el de una columna de ayre , que corresponde à su superficie , y descansa sobre ella. Porque segun queda arriba observado , varios líquidos uno sobre otro exercitan su presión en comun contra el fondo del vaso. Supongamos ahora el agua dividida en un cierto numero de columnitas semejantes à la que corresponde al orificio del tubo : cada una de estas columnitas corresponde à otra semejante de ayre de igual diametro ; y de ella se podrá decir lo que queda dicho de la massa total ; esto es , que pesa , ò que tira por si misma , y por el peso del ayre àcia el fondo del vacío.

Mientras el tubo estè lleno de ayre , todas las extremidades de las columnas de agua se hallarán en el mismo plano ; porque siendo igual el peso , y la carga la misma , no hay razon alguna para que una de ellas estè mas alta , ò mas baxa que las otras. Pero supongamos que una se halle descargada del peso que llevaba (lo que sucede sacando el ayre del tubo) entonces dicha columna havrà de levantarse sobre las otras ; porque no queda en estado de hacerles equilibrio. Y no permitiendo la fluidèz de la massa , que quede algun vacío en el fondo , en virtud del agua que se levanta en el tubo , se estenderà el fluido en el vaso , disminuyendo la altura de las otras columnas , hasta que finalmente se llegue à vaciar del todo.

Si fuese infinita la presión del ayre contra la superficie del agua , ésta , ò qualquier otro líquido se podria levantar à una altura infinita. Pero siendo limitada la presión, al llegar el agua à tal altura, que su peso sea igual al del ayre, por mas esfuero que se haga contra èl , no se adelantará nada , porque la potencia del ayre exterior no puede dár mas de sí.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ESTA experiencia se hace del mismo modo que la precedente ; pero en lugar de agua entra mercurio ; y el tubo ha de tener à lo menos treinta pulgadas de largo , y su diametro será à los más de una linea.

EFFECTOS.

Llegando à subir el mercurio à veinte y siete pulgadas , y media , no passará adelante, por mas que se chupe el ayre del tubo.

EXPLICACIONES.

La explicación de esta Experiencia es la misma que la de la passada ; solo se ha de añadir, que la gravedad del ayre exterior quedará en

equilibrio con una menor columna de mercurio, por ser este mas pesado que el agua. Y si huviesse aún otro fluido mas pesado que el mercurio, se quedaria sin duda aun mas abaxo.

APLICACIONES.

El efecto será el mismo, yá se saque el ayre del tubo chupandolo, yá tirando de él de abaxo arriba con un tapon bien ajustado: pues de qualquier modo se dà lugar à la presión del ayre, que corresponde al vaso; y esto basta para que se levante el fluido. Esto es lo que unicamente sucede en las geringas, y bombas atractivas. Porque al subir el émbolo de abaxo arriba por el cañon, levanta la columna que descansa sobre su plano superior; y en la parte inferior queda un vacío, que se llena en virtud del peso de la atmospherá, como en el tubo de la Experiencia passada. (Vease la *fig.* 27.)

Pero siendo limitado el peso de la atmospherá, y hallandose en equilibrio con una columna de agua, de cerca de treinta y dos pies en nuestros climas, y en los sitios poco elevados sobre el nivel del mar, facilmente se vé, que una bomba *atractiva* no puede levantar el agua à qualquier altura. Quando esta bomba no basta, nos servimos de la otra arriba dicha, que se llama *compressiva*. En ésta se levanta la columna de agua inmediatamente sobre el émbolo; el émbolo se

se gobierna por una potencia , que se puede aumentar quanto se quisiere ; y por consiguiente la altura del agua no tiene límites.

No hay duda , que las bombas compresivas tienen la ventaja de subir el agua à qualquier altura ; pero no tienen la de poderse poner fuera del pozo , ò alberca de donde se quiere sacar el agua , como la tienen las atractivas. Y es cosa muy incómoda el haver de fixar , y conservar esta especie de máquinas en sitios muy profundos , por lo comun estrechos , que se agotan con dificultad , y ésta es mayor aún , quando el País carece (como sucede ordinariamente) de Oficiales inteligentes para las reparaciones necesarias.

Estos inconvenientes pueden evitarse , y lograr al mismo tiempo doble ventaja , haciendo las bombas de modo , que sean juntamente atractivas , y compresivas , como se vè en la *fig.* 28. El émbolo atrahe al subir , y comprime al baxar. A la verdad el canal por donde el agua sube al cuerpo de la bomba , no puede tener mas de treinta y dos pies de altura perpendicular ; pero esto basta por lo comun para poner las bombas en un sitio cómodo ; y entonces el cañon por donde sube el agua comprimida , puede tener todo el tamaño que permitiere la fuerza motriz.

El que quisiere servirse de una bomba atractiva , havrà de reparar en la situacion del lugar ;
por

porque siendo el peso de la atmosphaera la unica fuerza que hace subir al agua, éste serà tanto menor, quanto el pozo, pilon, &c. estuviéssse mas alto que el nivèl del mar. Yo mismo llevè un barometro al sitio mas alto de los Alpes el dia veinte y tres de Julio de 1739. y hallè que el mercurio estaba cerca de una quarta parte mas baxo que en Turin. Si huviesse llevado conmigo una bomba atractiva, solo huviera levantado el agua à veinte y quatro pies, lo mas. Al contrario en los sitios muy profundos podrá el peso del ayre producir mayores efectos, que en otros mas elevados.

Con una mecanica muy parecida à la de las bombas atractivas beben los paxaros de cuello, y pico largo, como las bezacas, cigueñas, garzas, &c, y la mayor parte de los quadrupedos, como cavallos, bacas, ciervos, &c. Dichos animales beben chupando, y chupar no es otra cosa, sino dilatar el ayre interior, ensanchando los vasos en que se contiene, para dár lugar à la presion de la atmosphaera. El pecho al levantarse (semejante à un fuelle que se abre) dexa un vacuo, que el ayre exterior llena por lo comun; (y esto es lo que se llama *respirar*) pero si la boca se halla bañada, ò llena de agua, aun quando ésta estuviéssse mas baxa, que el estomago, en donde queda el vacio, no dexaria por esso de subir, en virtud del peso del ayre, de que se halla cargada.



Fig. 27.



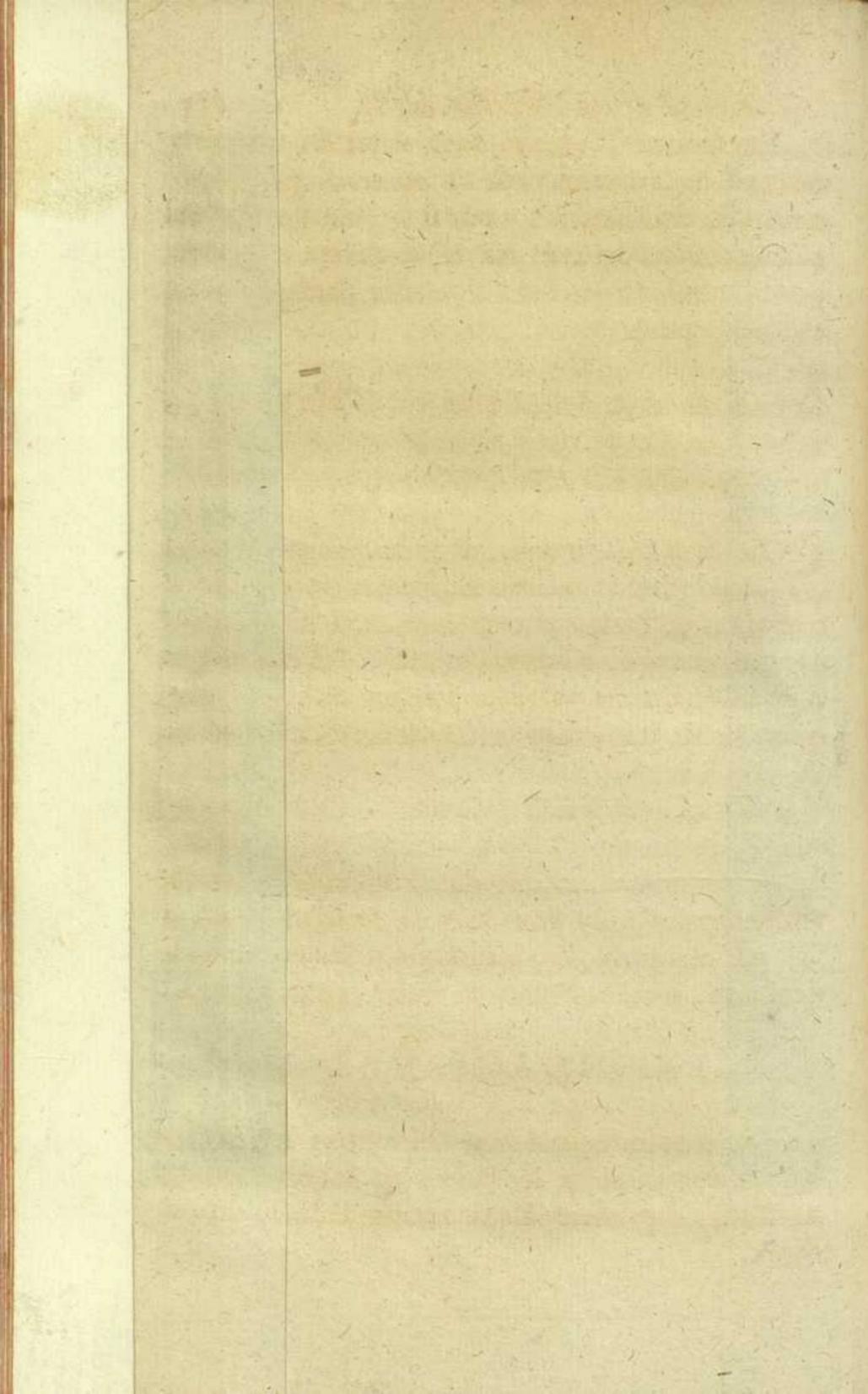
Fig. 28.



Fig. 27.

Fig. 28.

C. 1777



Por si quedatse alguna duda sobre las explicaciones de la atraccion de las bombas, y otros efectos de esta especie; y por si se dudatse aun que la presion del ayre sea la verdadera causa, pondremos la Experiencia siguiente para quitar todo escrupulo.

OCTAVA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SOBRE la platina de la máquina pneumática se pone un vaso lleno de mercurio: éste se cubre con un recipiente, en cuya parte superior hay una geringa, ò bomba atractiva: el cañuto es de vidrio, y ha de llegar à entrar en el mercurio. Hecho esto, saquese el ayre del recipiente.

EFFECTOS.

Al levantar el émbolo de la bomba se siente una resistencia muy grande, y el mercurio no sube por el cañon; pero luego que se le dà entrada al ayre, tiene la bomba su efecto ordinario.

EXPLICACIONES.

Decimos que la accion del ayre es la causa de la elevacion de los fluidos en las bombas atractivas; suprimese dicha accion sacando el

ayre del recipiente, y yá no se produce el mismo efecto. Con que queda probado, que lo que se ha suprimido (el ayre, y su presión) es la verdadera causa de la elevacion de los fluidos en las bombas.

La dificultad que se siente al tirar del émbolo, no habiendo ayre en el recipiente, es aun otra prueba del peso del ayre. Lo mismo es que el cañon de la bomba se termine en un vaso vacío de ayre, ò que dicho cañon esté tapado por abaxo. Mientras que el émbolo comprimido por arriba por una columna de ayre, lo esté tambien por otra por abaxo (yá sea inmediatamente, yá mediando otro fluido, que recibe la impulsión del ayre) dicho émbolo, digo, estará en equilibrio entre dos potencias iguales; y para moverlo, solo hay que vencer el frotamiento; pero suprimiendo la columna de ayre, que lo sostiene por abaxo, no se podrá tirar de abaxo arriba, sin levantar al mismo tiempo la otra columna, que descansa sobre él; y ésta es un cilindro tan alto como la atmospherá, y tiene por base al mismo émbolo.

APLICACIONES.

Traygase aqui à la memoria el medio de que nos servimos al principio, *Tom. I. Lec. II. I.* y *II. Exp.* para obligar al agua, y mercurio à pasar por los poros de la madera, y de la piel: y,

supuesto lo que se acaba de decir tocante à la presión del ayre, se hará la causa de que estos fluidos penetren por el fondo de los vasos, habiendo sacado el ayre de los cañones de vidrio, en que descansaban. Porque facilmente se ve, que suprimiendo (como queda hecho) el ayre, que hace equilibrio por abaxo, al que está en la parte superior, éste exercita su peso sobre el líquido, y lo obliga à passar.

Un fuelle tapado por todas partes no tiene libre el movimiento; porque carga sobre él una massa de ayre muy pesada, y ésta no halla quien le haga equilibrio por dedentro, como sucede en el émbolo de una bomba, quando se tapa el cañon.

Por la misma razon no puede dilatarse el pecho de los animales, como lo necesitan para respirar, quando se le cierra el passo al ayre. Y los Anatomicos convienen en que los animales que se ahogan, mueren mas bien por la interrupcion del movimiento necesario para respirar, que por la cantidad de agua que tragan.

NONA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA Experiencia siguiente puede probar la gravedad, ò la presión lateral del ayre.

Pongase sobre la máquina pneumática una

especie de molinito. (*fig. 30.*) Cubrase con un recipiente, que tenga un agujero en un lado, en que haya un cañoncito : éste se tapaná con el dedo, mientras se tira una vez del émbolo de la máquina.

E F E C T O S.

Luego que se destapa el canal del recipiente, se oye como un soplo, y el molino dá vueltas con mucha velocidad.

E X P L I C A C I O N E S.

El ruido, ò soplo que se oye, solo se puede atribuir al ayre, que passá con mucha velocidad para entrar en el recipiente, y llenar el sitio del que se havia sacadó : y siendo horizontal el canal por donde passá, parece innegable, que el ayre exercita su gravedad lateralmente, del mismo modo que la exercita de arriba abaxo, como todos los demàs fluidos.

A P L I C A C I O N E S.

Nadie ignora, que un tonèl lleno, y solamente agujereado por abaxo, no se derrama, sino es que el agujero sea muy grande ; la razon de esto es, que el ayre sostiene por su propio peso el líquido, que tira à salir, y que pesa menos que él, por no tener la altura suficiente; pe-

ro si se hace otro agujero por arriba, el ayre superior, que exercita su peso por la nueva abertura, hace tanta fuerza para dexar caer el líquido de arriba abaxo, como hacia la igual columna de ayre para impedir que saliesse: y entonces el líquido cae de su propio peso. Esta explicacion puede servir para dar razon de un efecto, que à primera vista parece muy singular. El frasquito de la *fig. 31.* tiene un agujero en la parte A; éste se tapa con cera. La boca del frasco se tapa tambien con un corcho, ò con otro pedazo de cera: por este tapòn passà un cañon de vidrio B abierto por las dos extremidades. Llenese de agua el frasco, y el tubo. Al destapar el agujero A, se vacia el tubo, y no sale mas agua.

El líquido contenido en el tubo havrà de caer por su propio peso; porque la presión del ayre en B es igual à su resistencia en A; pero luego que el tubo se vacia enteramente, havrà de parar el chorro; porque el agua que està mas abaxo de A C, està inmóble por su propio peso, como lo estaria en una raza; la que està mas arriba de A C, queda suspendida, no solo por la presión del ayre en A, sino tambien por la de una columna, que exercita su peso por la parte B del tubo.

Finalmente todos los efectos que dependen del peso del ayre, se producen del mismo modo en un quarto cerrado, que en medio del campo

po ; el barometro v. gr. se queda en un sitio tan alto como en otro ; y el agua se levanta en las bombas en todos sitios , aunque estèn cubiertos: todo lo qual prueba , que los techos no limitan de ningun modo la columna que sostiene al mercurio , ù otros líquidos ; sino que ésta toma el peso de la atmosphaera, con quien comunica por las puertas , ò ventanas.

Veamos ahora las Experiencias con que se prueba , que el ayre resiste de abaxo arriba.

DECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Llenese de agua el cañon de vidrio de la *fig. 32*: cubrase con un pedazo de papel, que toque bien los bordes del vaso ; sujetele el papel con la mano ; vuelvase el cañon boca abaxo, dexandolo en una situacion perpendicular al horizonte.

EFFECTOS.

Aunque se aparte la mano del pedazo del papel , éste se queda suspendido contra los bordes , sin permitir que el agua se derrame.

EXPLICACIONES.

El vaso no puede derramarse , sin que el agua rebote la columna de ayre D E, que estriva contra el suelo ; fuera de esto dicha columna no puede *refluir* lateralmente ; porque por todos lados está sostenida del peso de la atmosphaera, capáz de sostener una massa de agua de treinta y dos pies de alto ; y así la resistencia de la columna D E, apuntalada de las columnas inmediatas, es mas que suficiente para impedir que el agua se derrame.

El pedazo de papel solo sirve en esta Experiencia para evitar la division de los dos fluidos, que seria difícil contener, por ser grande la diferencia de sus densidades. Quando no son tan anchas las bases de los dos fluidos , no es necesaria esta precaucion , como se havrà notado en las Experiencias precedentes.

APLICACIONES.

Aqui se puede traer à la memoria la fuente intermitente , de que nos servimos para probar la resistencia de los cuerpos por la del ayre: (*Tom. I. Lec. I. Sec. III. Exper. II.*) y facilmente se verá el principio de donde nace la intermitencia del chorro. Porque mientras está tapado por abaxo el canal por donde sube el ayre

al globo de vidrio, el ayre que corresponde à las piqueras, es mas fuerte de lo necessario, para impedir el chorro del agua, cuyo peso no puede exercitarse, mientras no se hallare entre dos ayres de igual fuerza; y esto sucederà siempre que, quedando vacia la taza, se destape la abertura inferior del canal. Hemos tambien hablado de una especie de bomba, que se usa en varias Oficinas, para sacar el agua, que se pone à enfriar en garrafones de estaño. En dicho instrumento se quedan tambien suspensos los líquidos en fuerza de la resistencia, que hace el ayre de abaxo arriba, y que no dexa de tener su efecto, mientras se tenga tapado con el dedo el orificio superior, para impedir que el ayre, que le corresponde, no junte su peso con el del líquido.

UNDECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

PGHI (*fig. 33.*) es un tubo de vidrio retorcido en forma de arco, con un brazo mayor que otro: llamase comunmente *Siphòn*. El brazo mas corto se mete en un vaso lleno de agua, y por el otro se le saca el ayre con la boca, ò con una bombita.

EFECTOS.

Sacado el ayre por el brazo I, se llena de agua el Siphòn, y quitando la boca, sale un chorro, que dura mientras hay agua en el vaso.

EXPLICACION.

El peso de la atmosphera oprime toda la superficie del agua del vaso: en virtud de esto havrà de salir el agua por el sitio en que no halle la misma presión; por esso se llena de agua el Siphòn, luego que se saca el ayre, y que se suspende su accion en P. Si los dos brazos fueran iguales, como P G, G H, no huviera chorro alguno, sacado el ayre, porque siendo igual la columna de ayre, que resiste en H, à la que exercita su presión en P, quedarian en equilibrio, y el agua caerìa de su proprio peso por uno, y otro lado. Pero quando uno de los dos brazos tiene el agujero mas abaxo de la superficie del vaso, como G I, aunque la columna de ayre, que le corresponde, sea mayor, que la que pesa en la parte P, no es bastante para impedir la salida del agua.

Para imponerse bien en la razon de todo esto, se ha de considerar la columna total de ayre I K, como dividida en dos partes, una de

las quales HK, queda en equilibrio con LP, y sería capáz de suspender el chorro, si el tubo acabase en H. Con que yá el agua, que está en la parte HI del Siphòn, no halla en I mas resistencia, que una igual columna de ayre, mucho menos pesada. Luego esta porcion de agua havrà de caer por el exceso de su peso; pero como mientras cae, no hay cuerpo alguno que sostenga à la que está mas arriba, havrà ésta de caer tambien. Y así el chorro dura, no porque no resista el ayre, sino porque à igual altura, pesa el agua mas que él. Por esta ultima razon, la resistencia del ayre, que queda siempre vencida, lo quedará tanto mas, quanto fuere mayor la parte HI del tubo. La presión en A será tambien mayor à proporcion, como se verá en la Experiencia siguiente.

DUODECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

AB, (*fig. 34.*) es un tubo grueso de vidrio, de cerca de quince pulgadas de largo. Por arriba en B está cerrado; y por abaxo en A tiene una guarnicion de metal, en cuyo fondo están soldados dos tubos, que podrán tener dos líneas y media de diametro interior. El mas pequeño, que está algo encorbado, éntradós, ò tres pulgadas en forma de sirtidero den-

tro del cañon principal A B; el mayor (que està abierto por ambas extremidades) no excede el fondo de la guarnicion en que està soldados; pero se divide en dos partes, que pueden separarse, y reunirse en D con un tornillo. Por el tubo mas largo se echan en el cañon principal algunas pulgadas de agua; luego se pone en su situacion natural, metiendo al mismo tiempo el tubo mas corto en un jarro lleno de agua.

E F E C T O S.

Immediatamente empieza à caer el agua por el tubo mas largo, y se vè en el cañon principal que salta el agua por el sirtidero; subiendo mucho mas alta, quando el tubo mayor està entero, que quando solo tiene la mitad de su tamaño:

E X P L I C A C I O N E S.

Los dos tubos menores, y el cañon A B, en que se terminan, se han de considerar como un Siphon: el agua que sube por el tubo mas corto, y que salta por el sirtidero dentro del cañon, se vè obligada à subir en fuerza del ayre exterior, que oprime la superficie del jarro; y puesto que el agua sube tanto mas alta, quanto es mayor el otro tubo, se havrà de tener por señal cierta, que la pression crece à

proporcion del exceso de dicho tubo , como queda dicho arriba.

APLICACIONES.

El Siphòn de que nos acabamos de servir, se puede hacer de modo , que los tubos , y el jarro estèn ocultos dentro de un pedestál , ù de otra suerte. Y entonces se vè el surtidero mas alto que el nacimiento del agua. (Vease la *fig.* 35.)

Generalmente sirven los Siphones en las despensas , y bodegas , en los Laboratorios de Quimica , &c. para trassegar , y sacar à claro los licores : siendo el medio mas seguro para sacar sin heces los vinos , los ratafias , &c. porque solo les llega à la superficie , y no hay necesidad de mudar los vasos de un sitio à otro.

La figura , y la materia del tubo no varian nada por lo que mira al efecto del Siphòn. Si en una montaña se halla una vena de arena con la figura de un Siphòn , encerrada entre barro , ù otra materia menos apta para filtrar el agua ; este Siphòn natural podrá agotar una concavidad llena de agua , à la qual corresponda el brazo mas corto del Siphòn ; y si el agua , que và à la laguna , éntra con mas lentitud , que quando sale , entonces la extremidad del brazo mas largo del Siphòn será una fuente naturalmente intermitente , y periodica.

El

El vaso de la *fig.* 36. harà mas sensible esta idèa : Su copa llena de agua puede representar la concavidad que suponemos en la montaña. El Siphòn , cuyo mas largo brazo passà por el pie de la copa , procura una evacuacion ; y ésta no empieza hasta que el agua llegue à E ; y no volverà à empezar hasta que el vaso vuelva à llenarse.

Es fuerza convenir en que para sacar de esta experiencia una explicacion completa de las aguas periodicas , se ha de suponer , que la concavidad , que sirve de estanque , ò alberca , se agota perfectamente ; porque una vez que empieza el chorro por el Siphòn de la copa , no se acabará , mientras ésta estuviese llena ; y no puede percibirse facilmente , que haya intermitencias en el brazo mayor del Siphòn , sin que las haya en las aguas que entran en el menor. Pero esta especie de efectos naturales tiene por lo comun muchas causas à un tiempo ; y siempre es alguna ventaja poder indicar alguna de ellas.

Debiendo subir los líquidos por el brazo mas corto del Siphòn antes de caer por el mas largo , obligados à levantarse por la presión del ayre exterior sobre la superficie del vaso , se podrá reglar la altura del tubo mas corto , segun el peso actual de la atmosphaera , y segun la densidad del líquido. Porque , conforme à lo que queda dicho de las bombas atractivas , no podrá

drà el agua comun levantarse en un Siphòn arriba de treinta y dos pies , ni el mercurio arriba de veinte y siete , ò veinte y ocho pulgadas; y aun quizàs sería necesario està en un sitio poco elevado sobre el nivèl del mar.

Esta reflexion me ha dado ocasion para juzgar , que se podian comparar facilmente , y al mismo tiempo las densidades de dos líquidos; valiendonos para èsto de un Siphòn abierto por el mismo doblèz , y armado por la misma abertura con una bomba atractiva , como està en la *fig.* 37. Pongamos este instrumento sobre una tablita graduada por pulgadas , y lineas ; si los dos brazos entran igualmente en dos vasos , uno con mercurio v. gr. y otro con agua , al dilatar el ayre de los tubos por medio de la bomba, cada líquido obedecerà à la presión del ayre exterior (que es comun à uno , y otro) à proporcion de su densidad. Y así , si el mercurio se levanta una pulgada , el agua se levantará catorce. Pero para usar de este instrumento , sería necesario que los tubos tuviesen cada uno tres , ò quatro lineas de diametro interior. La razon de èsto se verá al fin de la Leccion siguiente.

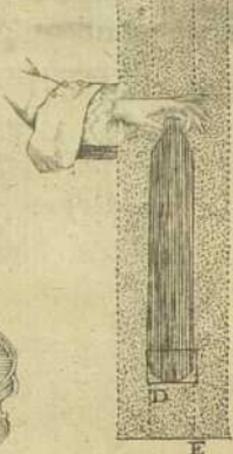


Fig. 32.



Fig. 30.

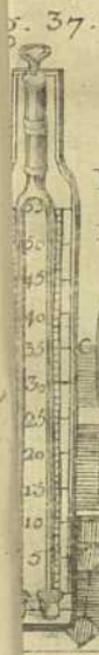


Fig. 31.

Fig. 35.



Fig. 34.



Fig. 33.

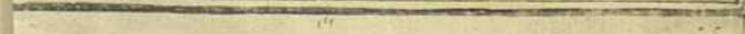


Fig. 29.

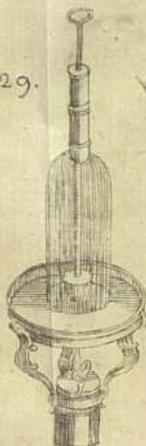


Fig. 32.

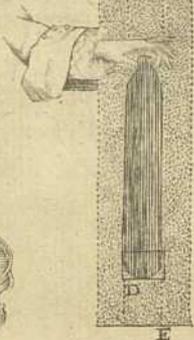


Fig. 30.



Fig. 37.



Fig. 35.



Fig. 34.

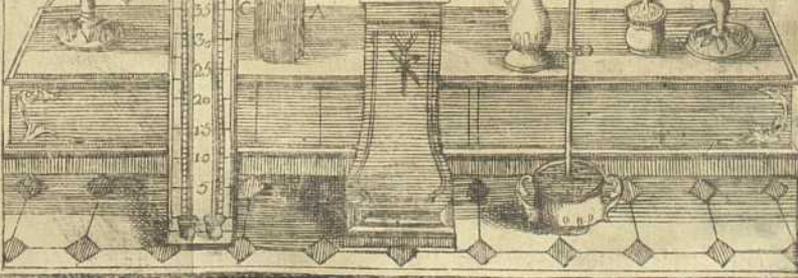


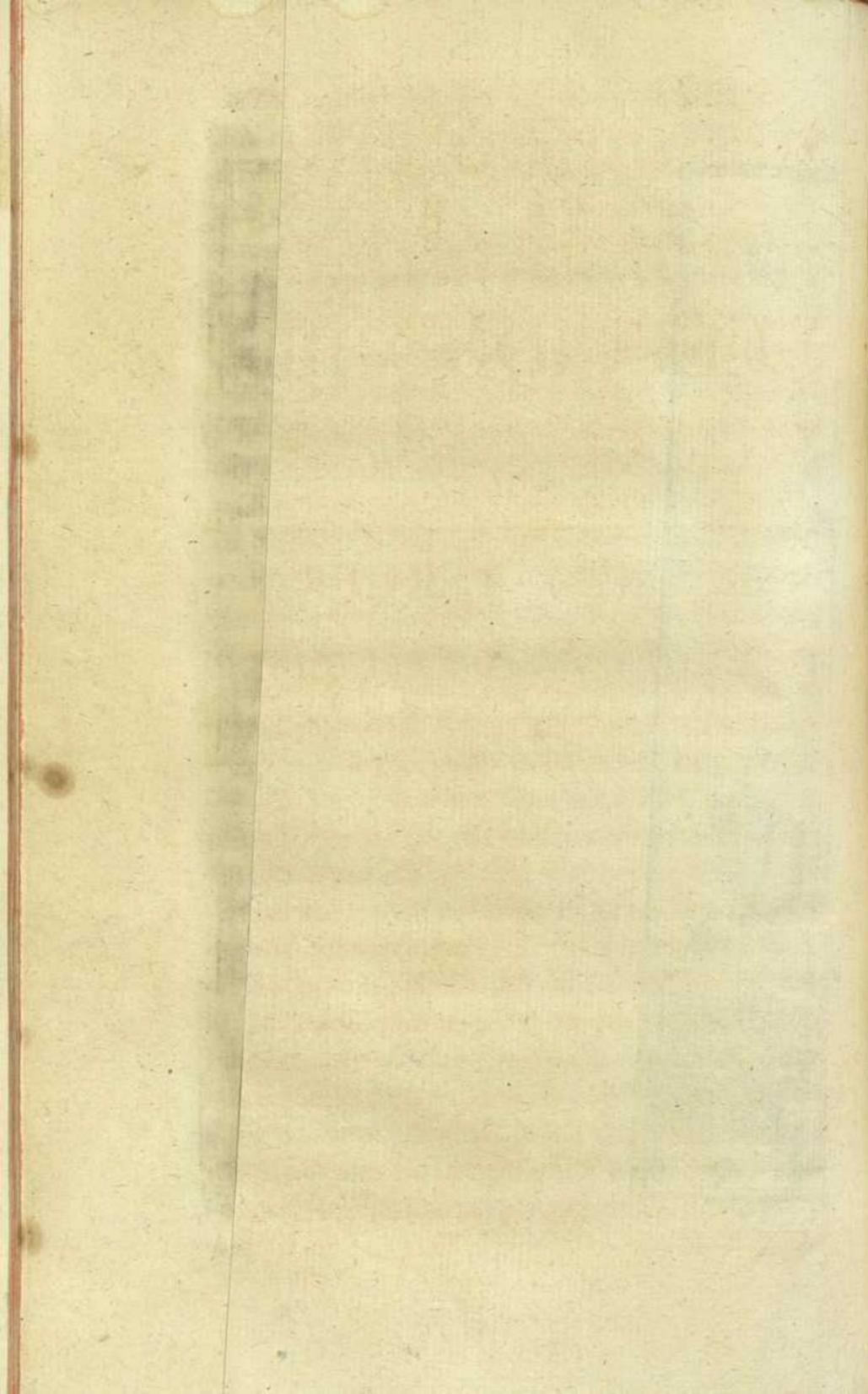
Fig. 33.

Fig. 36.



Fig. 31.







LECCION VIII.

PROSIGUE LA MISMA
materia.

SECCION TERCERA.

DE LA GRAVEDAD, Y EQUILIBRIO
 de los sólidos dentro de los
 líquidos.

UN cuerpo sólido dentro de un líquido ocupa el sitio de un volumen del líquido igual al volumen del dicho sólido, à no ser que éste sea de una materia esponjosa, que admita en sus poros una porcion del líquido; ò que sea un cuerpo dissoluble, cuyas partes desunidas éntren en los poros mismos del dissolvente. Porque en uno, y otro caso los volúmenes, ò tamaños aparentes, tanto del sólido, como del líquido llegan à confundirse algun tanto: y quando se mezclan, sucede co-

munísimamente que ocupan menos sitio que el necesario para tenerlos separados. Un vaso de à quartillo v. gr. no se llenaria, si se echasse en el medio quartillo de agua, y medio de azucar molida, ò de pedacitos de esponja. Por ahora no es de nuestro asunto la explicacion de estos efectos: solo suponemos los cuerpos sumergidos como enteros, è impenetrables por los líquidos; v. gr. una bola de marfil, que se mete en un vaso de agua, obligando à ésta à subir hasta los bordes del mismo vaso.

Este volumen del líquido, que cede su sitio al cuerpo sólido; ò la cantidad del líquido, que sube mas arriba del plano, que terminaba su superficie antes de la immersion, pesa mas, ò menos segun su densidad; porque los fluidos, del mismo modo que los sólidos, difieren entre sí à proporcion de la cantidad de materia propria, que abrazan baxo un cierto volumen: y aun el mismo líquido no es siempre igualmente denso.

Aqui podemos suponer dos cosas. La primera, que la densidad, y por consiguiente el peso del volumen del líquido en question, sea igual à la del sólido que toma su sitio. La segunda, que uno de los dos cuerpos pese mas que el otro. El exceso de cantidad del mas pesado respecto del otro mas ligero se llamarà aqui *gravidad respectiva*. De modo, que si un volumen de agua, que pese una libra, cede su

su lugar à un sólido , que pese libra y media, la gravedad respectiva de éste serà media libra.

PRIMERA PROPOSICION.

UN cuerpo sólido sumergido està comprimido por todos lados por el líquido que lo rodèa ; y la presion , que experimenta , es tanto mayor , quanto mas denso es el líquido , y quanto mas sumergido està el sólido.

En la primera Seccion de la Leccion precedente quedò probado , que el peso de los líquidos tiene su efecto en todas direcciones. Se probò tambien , que esta presion crece à proporcion de la altura del líquido. Y finalmente en la Seccion segunda se demostrò , que hay equilibrio entre dos líquidos , quando las alturas están en razon recíproca de sus densidades , ò gravedades específicas. La proposicion que se acaba de poner , es una consecuencia de las otras tres. De la primera se sigue , que *un cuerpo sumergido està comprimido por todas partes.* De la segunda se infiere , que *la compression es tanto mayor , quanto mas sumergido estuviere.* Y de la tercera finalmente , que à igual profundidad , *serà tanto mayor la carga , quanto mas denso , ò mas pesado sea el fluido.*

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 1. representa un vaso grande lleno de agua clara, en la qual se mete una vexiga llena de agua teñida de color, y atada à un tubo abierto por las dos extremidades.

EFECTOS.

Luego que la vexiga se sumerge enteramente, empieza à subir por el tubo el agua teñida, y se và levantando à proporcion que éntra mas adentro; de modo, que siempre està tan alta como la superficie del agua del vaso grande.

EXPLICACION.

El agua teñida, que và subiendo por el tubo mientras dura la immersion, prueba incontestablemente, que la vexiga se comprime, y que se disminuye su capacidad. Al vér aumentar este efecto à proporcion que el tubo éntra mas adentro, es preciso confessar, que se aumenta tambien la presión del agua, que es la causa. Y cómo dexaria de aumentarse, supuesto que el cuerpo sumergido queda entonces cargado con unas columnas mas altas, que con poca dife-

rencia tienen siempre la misma base? Digo *con poca diferencia*, porque la compresion disminuye el volumen total de la vexiga, y su superficie no es tan grande en el fondo del vaso como en los bordes.

El agua teñida sube por el tubo à proporcion que éste entra mas adentro; pero aquella nunca excede à la superficie del agua del vaso; porque siendo igual la densidad de los dos líquidos, seràn tambien iguales las alturas, quando lleguen à està en equilibrio. No sucederìa lo mismo, si la vexiga, en vez de agua, estuviesse llena de espiritu de vino, ò de mercurio: éste quedaria mucho mas baxo, y aquel subiria mas alto que el agua del vaso.

Si la vexiga es algo grande, se podrà ver que al meterla en el agua, no es igual la compresion por todas partes, y que està mas comprimida de abaxo arriba, que por los lados; porque su figura varia, y queda algo aplastada. Aunque la refraccion de la luz muda en tal caso la imagen del objeto, es preciso decir no obstante, que hay alguna realidad en esta apariencia, si se repara que la vexiga sumergida no puede baxar sin dividir el agua: que ésta resistiendo un poco à la division, ocasiona una presion de arriba abaxo; y que de esta presion debe naturalmente resultar la variedad de la figura del cuerpo sumergido, à causa de su flexibilidad.

APLICACIONES.

Los animales todos, que pertenecen al globo terrestre, viven ò en el ayre, ò en el agua: por consiguiente cada uno de ellos està expuesto à la presión de un fluido, que por todas partes lo circunda, y que pesa considerablemente, si se mira à su altura. Una columna de la atmospherá equivale, como queda arriba dicho, à una columna de agua de igual base, y de treinta y dos pies de alto. Si no fuera mas que un cilindro de una pulgada de diametro, el peso sería harto grande; y cuántas bases de este tamaño, ò cuántos círculos de una pulgada de ancho pueden contarse en la superficie entera del hombre? Si se hace el calculo baxo este supuesto, se halla que una persona de mediana estatura corresponde à una massa de ayre de mas de 20000 de peso.

Mas: un pez en el fondo de un rio, ò de un lago sufre, no solo la presión del ayre, como los animales terrestres, sino tambien la del agua; de suerte, que à treinta y dos pies de hondo, se halla con una carga que es dos veces mayor que la atmospherá. Què presión sufriría un animal que viviese en lo mas profundo del Oceano?

Este enorme peso està aplicado continuamente à la superficie de los cuerpos, sin que por

esto los destruya ; porque interiormente estàn defendidos por el mismo fluido que los rodèa, como se viò en la vexiga de nuestra experiencia. Nosotros respiramos el mismo ayre que nos comprime exteriormente ; y lo mismo sucede à los peces con el agua ; porque con el agua respiran el ayre , y éste antes que éntre en sus cuerpos , està en equilibrio (en fuerza de su elasticidad) con la presión del fluido de que està cargado. El movimiento del pecho al tiempo de respirar solo será libre , mientras huviere equilibrio entre el ayre exterior , y el interior ; y qualquiera causa que haga que el interior sea mas , ò menos fuerte , hará tambien que se respire con alguna dificultad.

La presión exterior de los fluidos , no solo destruye los cuerpos en quien se imprime, sino que al contrario los conserva en su forma natural en virtud de su igualdad. Comunmente contribuye à la coherencia de sus partes , y en muchos de ellos detiene el progreso de la fermentacion , ò de la corrupcion que tira à disiparlas. Podèmos dàr prueba de ello , sin salir del genero animal. Quando se aplican las ventosas (operacion por lo comun mas dolorosa que saludable , y hoy dia de poco uso en Francia) se levanta un tumor en la parte carnosa en que se impide la presión del ayre , aplicando al cuerpo una bombita , ò una especie de campanita de vidrio , dentro de la qual se enciende un poco

de estopa para rarificar el ayre. Esta elevacion del pellejo nace de la afluencia de la sangre, y de los otros fluidos, que estando mas comprimidos en el resto del cuerpo, se dirigen à la parte en donde no es tan grande la presión.

Por una suspensión del ayre algo semejante à la dicha, facan tambien los reciennacidos la leche de los pechos: toda aquella parte, en que puso la naturaleza este alimento, està comprimida, como lo demàs del cuerpo, excepta la parte que se chupa: de aqui nace el que salga el líquido; como sucederìa, si quedando el pezon expuesto à la presión del ayre, lo demàs del cuerpo se comprimiese mas de lo acostumbrado. Queda, pues, evidenciado con estos efectos, que la presión igual de los fluidos ambientes, y la resistencia que hacen en lo interior, contiene à los cuerpos en su estado natural, y es necesaria para ello.

Puede no obstante creerse que el equilibrio de las dos presiones externa, è interna no basta siempre para conservar en su integridad la economia animal. Puede sin duda darsè tal grado de compresion, que llegue à descomponerla. Supongamos por exemplo, que la vexiga de nuestra experiencia en vez de componerse de una membrana sólida, y delgada, se compusiese de un texido floxo, y esponjoso. Lo cierto es, que metiendola muy adentro en el agua, lo grueso del texido quedaria muy comprimido interior,

y exteriormente, y acercandose las fibras entre sí, se mudaria todo su artificio, y disposicion. Lo mismo sucederia con un animal que se halla bien en su elemento natural: pues llegaria à sufrir mucho en él, si llegasse à aumentarle mucho la presion à que estaba acostumbrado, aunque creciesse igualmente por dedentro, y por defuera.

Quizàs será esta la razon principal que impide à los buzos estar mucho tiempo debaxo del agua, si la profundidad es grande. Lo cierto es, que ellos entran en una campana llena de ayre; se ha hallado tambien el modo de renovar lo, despues que se ha visto que era necessario para respirar con libertad, y sin riesgo de la salud. No obstante todas las precauciones que se han tomado hasta ahora, parece que un hombre dentro de esta maquina se halla casi siempre violento, y muchas veces se vè salir hinchados los ojos, y arrojando fangre por narices, y orejas; de suerte, que no ha tenido el mayor efecto esta invencion puesta en práctica en diferentes Países, y de diversos modos. Esto prueba, que no basta procurarle al buzo un nuevo ayre; sería necesario que éste no difiriesse mucho en su densidad ordinaria: esto no parece practicable baxo un volumen de agua muy alto, cuya presion ha de sufrir necessariamente. La mas bella experiencia que se ha hecho en esta especie, fuè la de Mr. Halley, que estuvo mas de una hora debaxo del

del agua, sin la menor incommodidad. Pero su campana baxò solo à la profundidad de cinquenta y quatro pies de Francia; y ésto en muchas ocasiones no bastaria; fuera de que ella era muy grande; y si esta condicion fuè necessària para salir bien entonces, (como puede creerse) no pudiera servir sino raras veces, y en muy importantes circunstancias, por los muchos gastos, y embarazos, que no pueden evitarse en el uso de tal maquina.

SEGUNDA PROPOSICION.

SI el cuerpo sumergido es mas pesado que el volumen de líquido que cede el sitio, entonces su gravedad respectiva lo harà caer al fondo del vaso, como no haya impedimento.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL instrumento de la *fig. 2.* es una balanza hydrostatica, que tiene por base una caja de madera forrada de plomo. Los tres vasos de vidrio A, B, C, entran con unos tornillos en los pies, que estàn huecos, y comunican con un canàl oculto baxo la tapa de la caja: este canàl tiene quatro llaves; dos à sus extremidades

des D, E, y otras dos en F, y G. Estas dos ultimas abren la comunicacion del vaso mayor con los dos de los lados ; de manera, que estando lleno el del medio, los otros dos se pueden llenar à un tiempo, ú separadamente por el fondo ; las otras dos llaves D, E, firven para que el agua de los mas pequeños cayga en la caja, y aun tambien para vaciar el mayor, si se abre la comunicacion. Sobre la tapa del vaso grande hay una balanza con sus platos, que pueden quitarse, quando sea necessario : estos tienen por debaxo dos ganchitos *b*, *k*, de los quales se cuelgan los cuerpos que se quieren pesar en los vasos respectivos.

Este instrumento armado de todas sus piezas sirve con commodidad, y sin manchar cosa alguna, para hacer todas las experiencias que pertenecen à esta ultima parte de la Hydrostatica. Pero por no repetir la misma figura muchas veces, solo traeremos à cada experiencia las cosas necessarias para el hecho de que se trate, suponiendo lo demàs del modo que queda dicho.

Para prueba de nuestra segunda Proposicion, estando casi lleno de agua el vaso B, se mete en èl una bola de marfil colgada al brazo de la balanza. (Vease la *fig. 5.*)

E F E C T O S.

Primero : Si no se pone algun contrapeso à la bola , esta caerà necessariamente al fondo del vaso.

Segundo : Si se carga el brazo opuesto al que tiene la bola para tenerla en equilibrio en el agua , el peso empleado serà mucho menor que el de la bola pesada en el ayre.

E X P L I C A C I O N E S.

La bola de marfil ocupa el sitio de un volumen de agua ; éste , si se quedàra en su lugar , estaria perfectamente en equilibrio con todas las otras partes semejantes de la massa fluida , segun la quarta Proposicion de la Seccion primera ; ni podria por su proprio peso hacer ceder el sitio al inferior , ni tampoco cederlo al superior ; porque no tendria mas fuerza que èl para irse à fondo ; y el otro (el inferior) tendria tanta como èl para resistir à la caida. Pero quando entra en su lugar un cuerpo mas denso , ù mas pesado , entonces el volumen de agua inferior havrà de ceder su sitio , no à todo el peso del cuerpo mas denso , sino al excessò que tiene éste respecto de aquel. Por esto , para impedir que la bola no cayga al fondo , no es necessario poner en el brazo opuesto de la balanza un peso igual al

fuyo, fino solamente una cantidad que sea igual al exceso de la bola respecto de un igual volumen de agua.

No por esto hemos de creer que un cuerpo, que entra dentro del agua, haya de aumentar su peso con el de la columna que dexa sobre sí. Porque éste está contrapesado con la resistencia de la columna inferior, que le corresponde; y esta resistencia está sostenida por la presión de las columnas laterales, que son tan altas como la que pesa sobre el dicho cuerpo. Con que éste queda siempre en equilibrio, mirando à las dos presiones superior, è inferior; y si llega à caer, será porque siendo mayor la cantidad de materia, tiene mas fuerza para ir tomando el sitio sucesivamente de otra cantidad de líquido, que solo le iguala en el volumen.

De aqui es, que la aceleracion en la caída de los graves no puede atribuirse (como lo han querido algunos Philosophos) al fluido, cuya altura se aumenta por la parte superior, à proporcion que el grave va cayendo. Fuera de que este aumento de la altura del fluido no corresponde al progreso de la aceleracion de los cuerpos que obedecen à su proprio peso, ni tampoco à la naturaleza de la gravedad, que obra en los cuerpos en razon de su massa, y no en razon de su volumen.

ILACION.

Siguiese de lo dicho , que un cuerpo , qualquiera que sea , no cae , ò no tira jamàs à caer con toda la intensidad de su gravedad absoluta. Porque en qualquiera parte que cayga , siempre se halla sumergido en un medio material , del qual echa à un volumen igual al suyo ; al modo que à la bola de la experiencia solo le queda la gravedad respectiva para venir de arriba abajo. Las gotas de agua, quando llueve , los granizos , los copos de nieve , &c. no se dirigen à la superficie de la tierra , sino en quanto exceden en gravedad à la cantidad de ayre à quien echan de su sitio. Siendo el ayre un fluido ligerísimo , la gravedad respectiva de los cuerpos que rodèa por todas partes , difiere muy poco de sus gravedades absolutas ; no obstante se vè muy bien la diferencia , pesando sucesivamente un cuerpo en el ayre , y en el vacuo , como verèmos en la Experiencia siguiente.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN un recipiente bien ancho se dispondrá una balanza muy exacta, y muy facil de moverse, de modo que se pueda levantar tirando del mango I, *fig.* 3. Antes que se saque el ayre, se havrán puesto en equilibrio una bala de plomo por un lado, y por el otro una gruesa bola de papel hueca por dentro; y tengase cuidado, que estos dos cuerpos no hayan estado en algun sitio humedo, ù lleno de grassa, que pueda impedir los efectos naturales de la gravedad, quando se levante el fiel.

EFECTOS.

La bola de papel, que estaba en equilibrio con el plomo en el ayre, se halla mas pesada que èl en el vacuo.

EXPLICACION.

La bola de papel en el ayre solo puede oponer al plomo su gravedad respectiva; en el vacuo posee su gravedad absoluta, porque sensiblemente no hay ningun fluido que la sostenga. Ahora pues; la gravedad absoluta siempre

es mayor que la respectiva ; porque ésta no es mas que un residuo de la otra. Puede responderse , que en el vacuo tiene tambien el plomo su gravedad absoluta ; pero presto verèmos (y aun yà podiamos sospecharlo) que quando difieren entre sí los volumenes que están en equilibrio , no reciben igual cantidad de gravedad, al hallarse fuera de todo fluido sensible.

APLICACIONES.

Supuesto que la immersion reduce los cuerpos à una gravedad respectiva , siempre menor que la absoluta , no hay necesidad de que las fuerzas que los sostienen , sean tan grandes como debieran , si no estuvièssen sumergidos. Esta diferencia se reconoce palpablemente quando se saca del agua alguna masa de un volumen considerable. Los pescadores , que han echado una buena suerte , no temen que se les rompa la red, fino al sacarla del agua al ayre. Sin dificultad se saca del agua una persona que està en peligro de ahogarse , con solo poderla alir aun por la parte mas fragil del vestido ; y este socorro no bastaria para detener à uno que se arrojaße por una ventana ; porque el hombre en el agua tal vez no tiene una , ò dos libras de gravedad respectiva , y en el ayre tiene por lo comun mas de ciento y treinta.

TERCERA PROPOSICION.

LA cantidad de peso que pierde un cuerpo dentro de un fluido, es igual à la del volumen del tal fluido que cede su sitio.

Hemos visto por las pruebas de la Proposicion precedente, que un cuerpo sumergido pierde una parte de su peso, mientras dura la immersion. Ahora vámos à ver cuánta cantidad de peso le falta, mientras està en el fluido. Segun nuestra proposicion tercera, si el volumen del líquido removido pesa dos onzas, y el cuerpo sumergido pesa quatro, éste pierde la mitad de su peso; y para impedir que vaya al fondo, bastará una fuerza capáz de sostener dos onzas.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

L fig. 2. es un cilindro sólido de metal, que éntra exactamente en el vasito M de donde cuelga. Uno, y otro afsi suspendido, se pone en equilibrio con el peso N en el brazo de la balanza. Llenese de agua el vaso A, hasta que el cilindro quede enteramente dentro.

EFEC.

EFECTOS.

En fuerza de la immersion del cuerpo E, queda demasiado el peso N, y se pierde el equilibrio; pero éste se restablece, luego que se llena de agua el vaso M.

EXPLICACION.

Luego que el cylindro entra en el agua, queda mas ligero, porque la immersion le quita parte del peso; pero siendo ésta igual en gravedad al volumen de agua separado, se restablece el equilibrio, cargando el brazo de la balanza con una cantidad de agua del mismo tamaño que el cuerpo sumergido. La Proposicion que acabamos de probar, tiene varias consecuencias, que iremos deduciendo poco à poco.

PRIMERA CONSEQUENCIA.

SUpuesto que el volumen del líquido separado es la medida de la cantidad de peso que pierde el cuerpo sumergido; se infiere, que à iguales cantidades de materia, mientras mayores son los cuerpos, mayor cantidad de peso perderàn por la immersion. Con que una libra de marfil, v. gr. se sostendrá mas en el agua, que una libra de marmol; la gravedad respectiva

seria

seria diversa en una , y otra , aunque dichas dos materias entrassen en un mismo fluido.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POnganse en equilibrio en la balanza una bola de marfil por un lado, y una bala de plomo por otro ; y echese agua en los dos vasos à que corresponden los dos cuerpos. (*fig. 4.*)

EFFECTOS.

Luego que las dos bolas entran del todo en el agua , se pierde el equilibrio , y el plomo tira del marfil.

EXPLICACION.

Uno , y otro cuerpo pierden parte de su cuerpo en el agua ; pero la pérdida no es igual ; porque las cantidades se proporcionan à los volumenes de agua removidos ; y el volumen del plomo remueve menos que el de marfil : con que éste havrà de perder mas gravedad que aquel ; y ésto hace que falte el equilibrio.

APLICACIONES.

A Para hacer las pesas de las balanzas, comunmente sirve el plomo, el hierro fundido, el cobre, y otros metales. Ordinariamente tienen estos mucho menor volumen, que los cuerpos que se pesan con ellos. Para que queden en equilibrio en el ayre donde se pesan los generos, es fuerza suplir con una mayor cantidad à la pérdida de los dos cuerpos pesados en un mismo fluido, quando los volumenes son desiguales. Y así el Vendedor dà mas de una libra de pluma, quando la pesa contra una de plomo; porque estas dos materias solo tienen en el ayre la gravedad respectiva; esto es, este fluido les quita una parte de la gravedad absoluta; y por consiguiente quita mas al que tiene mayor volumen. De manera, que si se tratpusiessè al vacuo la balanza cargada, serìa necessario quitar parte de la pluma para conservar el equilibrio. Segun esto, podrá el que vende ganar mucho, reduciendo el genero al menor volumen que se pueda. Y si las materias preciosas, como el diamante, se pesáran con volumenes dignos de atencion, se ganaria mas vendiendolos à peso de hierro, que no à peso de oro, ò de plomo, sobre todo quando estuviessè mas denso el ayre en donde se pone la balanza.

SEGUNDA CONSEQUENCIA.

Siguefe lo segundo de la tercera Proposicion, que mientras fuere mas material el volumen del líquido separado, se sostendrá mas el cuerpo sumergido: y assi la gravedad respectiva de un mismo cuerpo despues de la immersion, será tanto mayor quanto el líquido fuere menos denso.

S E X T A EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Ponganfe en equilibrio en la balanza dos bolas de marfil de un mismo diametro; llenense de agua los vasos à que corresponden; y despues, vaciando el uno, se vuelve à llenar de aguardiente, ò de espiritu de vino. (*fig. 5.*)

E F E C T O S.

Primero: Mientras los dos vasos estuvieren llenos de un mismo líquido, (sea ayre, ò sea agua) permanecen en equilibrio las dos bolas, que están dentro.

Segundo: Luego que una de ellas passa de aquel líquido à otro, dexando en el agua à la primera, ésta pesa menos que la otra.

EXPLICACION.

Los volumenes del líquido removido se miden en este caso por dos cuerpos de igual tamaño: dichos volumenes se toman en un mismo líquido, y así son perfectamente iguales entre sí: y por consiguiente resisten igualmente à los dos cuerpos sumergidos que sostienen. Como por otra parte son iguales las gravedades absolutas de las dos bolas, la immersion en la misma agua quita cantidades iguales de otras cantidades iguales: y por tanto es igual el resto, y subsiste el equilibrio.

Pero quando una de las dos bolas se halla en un líquido menos denso que el agua, queda menos sostenida, pierde menos de su peso primero, es mayor su gravedad respectiva, y por consiguiente tira de la otra.

TERCERA CONSEQUENCIA.

LA densidad puede ser mayor, ò menor, no solo por ser los fluidos diferentes, sino tambien porque puede aumentar, y disminuir en el mismo fluido, en fuerza del calor, del frio, ò de otro modo: y los sólidos que entran entonces en el fluido, son capaces de recibir las mismas variaciones. De aqui es, que la gravedad respectiva de un mismo cuerpo puede tal vez variar aun en el mismo fluido.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig. 6.* representa un frasquito de vidrio lleno de espiritu de vino : dentro hay una figura de esmalte , que ordinariamente se queda nadando , por ser mas ligera que un igual volumen del espiritu de vino. El frasquito éntra en un baño de maría , que se calienta , encendiendo la lamparita que está debaxo.

E F E C T O S.

Luego que el espiritu de vino ha llegado à tomar un cierto grado de calor , baxa la figurita al fondo del vaso , y vuelve à subir , quando se vuelve à enfriar el líquido.

E X P L I C A C I O N.

El calor dilata todos los cuerpos , como veremos en hablando de la accion del fuego. Segun ésto , queda menos denso el espiritu de vino despues de caliente , que quando estaba frio. Y si la massa total del líquido ocupa mayor espacio que antes , es consiguiente , que sus partes quedan mas raras , y mas separadas unas de otras : en una palabra , havrà menos partes en el volumen

que se mide por la figurita ; por lo qual no puede sostenerla como antes , y se cae al fondo , en donde se mantiene , mientras el líquido se halle en el mismo estado ; pero luego que empieza à enfriarse , se van acercando las partes , se condensan poco à poco , y el volumen que corresponde à la figurita aumenta en materia , y en peso por consiguiente , y se pone en estado de sostenerla , y levantarla. Es cierto , que el mismo calor que dilata el espíritu de vino , dilata tambien la figura ; pero la dilata menos , y ésto basta para que se produzcan los efectos , que acabamos de explicar.

OCTAVA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig. 7.* es un vaso alto , y estrecho con su pie de vidrio ; está lleno de agua , y para evitar que se yele el Invierno , se le puede echar una tercera parte de espíritu de vino. Está tapado con un pedazo de vexiga mojada , bien estendida , y sujeta con un hilo. Dentro del vaso hay una figurita de vidrio esmaltado , hueca , mas ligera que el líquido , y con un agujerito muy sutil en el pie.

EFECTOS.

Primero : Apretando con el dedo el pedazo de vexiga , se baxa al fondo la figurita , y se està alli quieta mientras dura la presion.

Segundo : Afloxando un poco , ò levantando el dedo del todo , sube à la superficie inmediatamente.

Tercero : Moderando un poco la presion al baxar , se detiene en el sitio que uno quiere.

Quarto : Si se oprime la vexiga alzando , y baxando el dedo successivamente , y de prisa , entonces la figura darà muchas vueltas.

Lo mismo sucede , aun quando se buelca el vaso , oprimiendo la vexiga de abaxo arriba. Y assi se puede hacer mysteriosa esta experiencia , disponiendo varios tubos en un marco , y haciendo la compresion de un modo oculto à los que lo miran , yà valiendose de algunos cordones embebidos en el gruesso de la misma madera , yà de resortes , yà de otra suerte. (Vease la *fig.* 8.)

EXPLICACION.

Los líquidos ò absolutamente no se comprimen , ò se comprimen muy poco , como queda
di-

dicho en la Leccion segunda. Al contrario el ayre, es un fluido flexible, que se puede comprimir con mucha facilidad. Esto lo probarèmos en otra parte. La figurita està hueca, y abierta, como se dixo: por consiguiente està llena de ayre: que es materia compresible, y està rodeada de otra que no lo es. Quando se aprieta la vexiga con el dedo, se comprime toda la massa de agua que està en el vaso. La columna que corresponde al agujerito, no pudiendo encogerse en fuerza de su inflexibilidad, imprime toda la accion de la presion contra el ayre que està en la figura: y como éste se dexa comprimir, y encerrar en un menor espacio, cede al agua una parte del sitio que antes ocupaba. Yà entonces la figura queda mas pesada de lo que es naturalmente; porque se ha de considerar como un compuesto de vidrio, de ayre mas denso, y de la corta cantidad de agua que recibe. Si el conjunto es mas pesado que el volumen de agua que le corresponde, la figura se irà al fondo del vaso; y al contrario subirà, si fuere mas ligero: esto es, si por ser menor la presion, entra menos agua en la figura, ò le queda al ayre la libertad de expeler por su elasticidad la que havia entrado. Y facilmente se concibe, que moderando, y proporcionando la presion, se puede dexar en la figura una cantidad de agua, de tal suerte, que el conjunto estè en equilibrio con la massa. Finalmente, el agujerito por don-

donde puede entrar , y salir el agua , està en una de las piernas de la figura , esto es , en un lado del cuerpezuelo sumergido : con que si el fluido , que entra por allí , se halla impelido , y repelido con mucha velocidad , siendo obliqua la presión , havrà de dár vueltas la figura ; porque estando así suspenfa en el agua , se halla como si fuese mobile sobre dos polos , ò sobre un exc.

Esta figura , pues , unas veces està mas ligera , y otras mas pesada que el líquido en que se halla ; no porque el volumen de agua que le corresponde , varíe de densidad , ò de tamaño , sino porque el mismo cuerpo sumergido se halla alternativamente , yà mas , yà menos denso , sin mudar de volumen.

APLICACIONES.

Así como entre todos los animales que respiran el ayre , hay unos que se mantienen sobre la superficie de la tierra , y otros que se levantan à la atmosphaera , manteniendose en ella como quieren ; del mismo modo entre los que viven en el agua hay varias especies , que casi nunca salen del fondo , y otras que por el contrario suben , y baxan con gran facilidad , segun su necesidad lo pide. En la mayor parte de estos ultimos se halla una doble vexiga llena de ayre , que nos inclina à creer que el pez , ayuda

do

do de este fluido elastico, aumenta, ò disminuye el volumen de su cuerpo, quando quiere levantarse, ò baxarse; porque en vista de lo arriba dicho, se puede concebir facilmente, que aumentandose el volumen del animal, sin que se aumente su materia, puede quedàr mas ligero que el volumen de agua à que actualmente corresponde: y al contrario, si se disminuye el volumen, havrà de separar menos cantidad de agua, y de este modo quedará el cuerpo mas pesado que el fluido que se opone à su caída.

Esta explicacion se hace mas verisimil, si se dilata el ayre de la doble vexiga, metiendo al pez en el vacuo; porque mientras persevera en este estado, por mas esfuerzos que haga para ir à fondo, ù quedarse en èl, siempre se queda sobre el agua; y luego experimenta el efecto contrario, si lo llegan à privar de este ayre interior, yà sea rebentando la vexiga, yà disminuyendo la cantidad de ayre que alli se encierra.

El animal que llega à ahogarse, desde luego se vâ à fondo, por ser mas pesado que el agua; pero despues de algun tiempo vuelve à parecer sobre la superficie; y comunmente estas apariciones suceden repetidas veces. La razon de esto es, que el cadaver queda alternativamente yà mas ligero, yà mas pesado que el volumen de agua que actualmente separa. El animal ahogado en el fondo de un rio, en po-

cos dias se corrompe; la corrupcion no es otra cosa sino una separacion de partes; y quando acaece un movimiento general en las partes de un todo, se aumenta su volumen. Un cuerpo, pues, en tal caso náda sobre el agua, porque sin aumentar de materia, aumenta de tamaño, y corresponde à un volumen de agua mas pesado que él. Qualquiera que haya tenido ocasion de ver estos cuerpos, que salen à la superficie del agua, no ignorará la verdad de lo dicho. Y aun havrá notado, que los tales cuerpos siempre están hinchados, y estirada la piel como una vexiga llena de ayre. Pero mientras se hallan en esta posicion, esto es, medio en el ayre, y medio en el agua, la corrupcion se aumenta, y se hacen algunas dissoluciones, y evacuaciones, que dan lugar à que se compriman, y se acerquen entre sí las partes sólidas; y à entonces se disminuye el volumen total, y corresponde à una menor cantidad de agua, que no puede sostenerlo; y si à esta nueva immersion sucede otra fermentacion, que hinche otra vez al cadaver, éste volverà à subir à la superficie.

Un cuerpo, sea el que se fuere, no necesita de aumentar su proprio volumen para mantenerse sobre el agua; basta que esté unido à otra materia mas ligera que el fluido en que se halla, y que el todo resultante pese menos que el volumen correspondiente. Los que aprenden à nadar, se arman de vexigas llenas de ayre, ò de

calabazas, ò de corchos. Estos volumenes auxiliares los ponen en estado de mantenerse con mas facilidad sobre las aguas; pero los poco diestros peligran mucho con estas precauciones; porque para ahogarse basta tener dentro del agua la boca, y las narices; y el que no pudiesse mantenerse siempre en una situacion proporcionada para respirar, perecerà aun antes de irse à fondo.

Si los otros animales tienen alguna ventaja sobre el hombre para nadar, desde luego, no me parece que lo deben (como tal vez se ha dicho) à la ignorancia del peligro, ò à la falta de reflexion. Quando un Cavallo, un Buey, un Perro se ven forzados à nadar, se me hace muy dificil de creer, que no sientan algun peligro. Lo cierto es, que los vemos hacer quanto en semejante caso quisiera executar un hombre; y en llegando à tomar tierra, dan claras señales de alegría, y se gobiernan con ciertas precauciones, que prueban bien el miedo que tuvieron. Lo que hace, à mi parecer, que un quadrúpedo se salve nadando con mas facilidad que un hombre, es que su peso mismo, que tira à hundirlo, no muda nada de la postura natural; y aun quando lo demás del cuerpo queda enteramente sumergido, la cabeza le queda fuera del agua, sin que haga para ello mucho esfuerzo. No sucede así con el hombre. La parte mas pesada, y la primera que se sumerge

està ácia la cabeza, y aun quando náde lo suficiente para no irse à fondo, havrà de poner mucho cuidado, y harà varios movimientos para tener el rostro fuera del agua. Por esso los buenos nadadores se hallan mejor de espaldas que de otro modo.

Esta explicacion, de que me he servido en mis Lecciones públicas por el espacio de nueve años, me parece mucho mas probable despues de haver visto que se conformaba con la de un hombre docto, que no se ha hallado en ocasion de oírmela, y que tiene sobrados fondos para sospechar que se aproprie los pensamientos ajenos. Mr. Bazin, Bibliothecario del Eminentissimo Señor Cardenal de Rohàn en Strásbourg, digno correspondiente de Mr. de Réaumur en la Academia de las Ciencias de París, y Autor de varias Obras de Physica, dignas del mas justo aplauso, imprimió en 1741 un volumen in-8^o, en el qual se halla una disertacion muy curiosa, sobre la diferencia que hay entre el hombre, y las bestias por lo que mira à la facilidad de nadar. En dicho discurso encontrará el Lector mucha satisfaccion, si quiere instrirse con fundamento en esta materia.

Si las calabazas, y las vexigas llenas de ayre impiden que un hombre vaya à fondo; valiendonos de médios semejantes, y empleandolos del modo mas conveniente, podremos levantar del fondo, y traer à la superficie los cuer-

pos sumergidos en el agua. Quando un Navio ha padecido naufragio, encallando en la arena, ò en el fondo, se le atan à los costados en tiempo de marèa dos grandes lanchones quadrilongos, muy fuertes, proporcionandoles los volúmenes al peto del Navio, y à la fuerza que se juzga necesaria para desencallar. Al subir la marèa, si el volumen de agua, que corresponde à este todo, pesa mas que el todo junto, no dexarà de levantarlo, poniendolo en estado de arrimar à tierra.

Si esta operacion, como es muy contingente, se hiciere en algun sitio, en que no haya marèa, esto es, en donde la superficie del agua estè siempre à la misma altura, entonces se llenaràn de agua los dos lanchones, hundien-dolos lo mas que se pudiere sin sumergirlos del todo; y luego que estèn atados al Navio se les sacarà el agua con bombas para dexarlos en la primera ligereza que tenian, la que partiràn con el vaso encallado; y este modo de proceder tiene el mismo efecto que el primero, si se han observado las condiciones, y requisitos necesarios.

Lo mas dificil en estas operaciones es el passar los cables por debaxo del Navio, sobre todo, quando yà ha passado mucho tiempo, y el fango se ha endurecido, y acumulado extraordinariamente. Esta dificultad quedo vencida no há muchos años, con mucha valentia,

ingenio , y destreza por Mr. Goubert , Oficial de Marina del Rey Christianíssimo , y que sabe juntar al valor mas experimentado la sagacidad de los mas habiles Ingenieros ; llegando finalmente à desencallar uno de los Navios que perecieron el año de 1702 en la Bahía de *Vigo* en España: empresa que se havia intentado inutilmente, y con mucho gasto por varias Compañias que se formaron , así en Francia , como en otras partes. Es lastima , que solo con aplausos quedasse recompensado Mr. Goubert ; las esperanzas en que podia fundarse , naufragaron tambien con el Navio : se havia tenido cuidado de sacar à tierra todos los efectos à vista del naufragio ; y así , no se hallò en el baxel la menor cosa , con que pudiesse suplir la Compañia las grandes expensas de su feliz empresa.

QUARTA PROPOSICION.

SI el cuerpo sólido pesa menos que un igual volumen del líquido , quedará parte de él sobre el agua ; y la otra parte sumergida será la medida de una cantidad de líquido , que pesa tanto como el cuerpo sólido entero.

NONA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL vaso de vidrio de la *fig.* 9. es casi cylindrico ; guarnecido por abaxo , y con una llave en la misma guarnicion : se llena de agua hasta los dos tercios ; poco mas , ò menos , y se señala con un hilo , ò de otro modo la altura del agua. Hecho ésto , se hecha dentro una bola de cera muy redonda , y casi del mismo diametro que el vaso. Con esta immersion se levanta la superficie del agua ; y abriendo la llave , se va sacando hasta que baxe à la primera señal. Despues se saca la bola de cera , se enjuga , y se pesa contra la cantidad de agua que se sacò del vaso.

E F E C T O S.

La bola , y la cantidad de agua se tienen mutuamente en equilibrio ; y si ésto rigorosamente no sucede , falta tan poco , que nadie negará , que la corta diferencia nace de la falta de exactitud en el modo de proceder ; pues para ello basta , que al sacar el agua salgan algunas gotas mas , ò menos de lo que debiera ser.

EXPLICACION.

La bola de cera no se sumerge totalmente, porque es algo mas ligera que el agua; no obstante la mayor parte se hunde, separando una cantidad de agua que sube mas arriba de la señal. Quando se abre la llave, y se saca el agua, hasta llegar à la misma marca, està uno seguro de haver sacado la cantidad separada por la immerfidad de la bola: con que supuesto que esta cantidad hace equilibrio à la bola entera, parece cierto, que *la parte hundida es la medida de una cantidad de liquido, que pesa tanto como el cuerpo entero*, segun lo dice la proposicion.

CONSECUENCIA S.

DE aqui se sigue lo primero, que la parte hundida de un cuerpo sobre el agua, serà tanto menor, quanto mas denso fuere el liquido, ù quanto fuere el cuerpo menos pesado.

Lo segundo: Que siempre queda sumergida una parte, quando el sólido que nada, es sensiblemente grave, y espeso. Porque una vez que sea pesado (como se supone) havrà de haver algo que le liaga equilibrio; y lo que lo hace, es el volumen del liquido separado, como queda probado por la ultima Experiencia.

DECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

Lévese de agua hasta mas de los dos tercios un vaso largo, y angosto. (*fig. 10.*) Dentro se pone una botellita de vidrio muy delgado, con el cuello muy largo, y graduado, y con un poco de mercurio al fondo, para que firviendole de lastre, lo tenga siempre en una direccion perpendicular.

EFECTOS.

Esta botellita, que comunmente se llama *Arcómetro* (esto es, *Pesa-líquidos*) se hunde mas, ò menos en el vaso à proporcion de la mayor, ò menor densidad del líquido que en èl se contiene: es decir, que se hundirà en el vino mas que en el agua, y aun mas en el aguardiente que en el vino. Y si se pusiere en la extremidad del cuello algun pedacito de metal, se hundirà mas, aunque sea en el mismo líquido.

EXPLICACIONES.

La parte sumergida del arcómetro levanta la cantidad de líquido necesaria para que todo el

instrumento quede en equilibrio. Si el areómetro pesa, v. gr. una onza, levantará menos agua que vino en quanto al volumen, porque se requiere mas vino que agua para una onza; y no subiendo el líquido, sin hundirse el areómetro, éste entrará mas adentro en el líquido mas ligero.

Si se aumenta el peso del areómetro, añadiendo alguna hojita de metal, ò de otra fuerte, se hundirá mas en el mismo líquido, porque para quedar en equilibrio, ha de levantar mayor cantidad.

APLICACIONES.

Acabamos de ver por la experiencia del areómetro, que los cuerpos se hunden mas, ò menos à proporcion de la mayor, ò menor densidad del fluido. Y así una barca cargada en el mar se hundirá menos, que dentro de un rio; porque el agua salada pesa mas que el agua dulce, como lo aseguran por experiencia propria los nadadores. Sirva este aviso para tener cuidado en no cargar un Navio à proporcion de su buque, si en el viage ha de passar por otra agua menos salada que aquella en que se le puso la carga.

Tal vez se han visto *Islas flotantes*, esto es, pedazos considerables de tierra, que desprendiendose del continente, se mantienen sobre el

agua, y nadan segun la direccion del viento. El agua và minando poco à poco ciertos terrenos, en quienes halla facil la dissolucion: éstas excavaciones se aumentan con el tiempo, y se extienden mucho. La parte superior queda trabada con las raíces de las plantas, y arboles; el suelo ordinariamente se compone de una tierra bituminosa, y muy ligera; de modo, que esta especie de costra pesa menos, que el volumen de agua en que se sostiene, quando por algun accidente se llega à desprender del todo, y se queda à nado.

Con el exemplo del areómetro se prueba tambien, que para nadar no se requiere que el cuerpo flotante sea mas ligero que el agua. Porque el tal instrumento no se sostiene en fuerza del vidrio, ù del mercurio de que se compone; sino porque tiene en poca solidèz un volumen considerable, que corresponde à una cantidad de agua mas pesada. Y asì se pudieran hacer barcos de plomo, ù de qualquier otro metal, sin que se hundieffen. Y efectivamente los carros de artilleria, que vàn siguiendo à un Exercito, llevan muchas veces algunas góndolas de metal, que sirven para la construccion de los Puentes necesarios al passo de las Tropas.

DE LA BALANZA Hydrostatica, y de sus usos.

LA balanza hydrostatica, de que nos hemos servido en las Experiencias precedentes, es un instrumento para conocer la gravedad especifica de los fluidos, y sólidos, que pueden sumergirse sin disolverse, ni variar de volumen. No nos podemos detener mucho en la explicacion de todos sus usos, por no exceder los límites que nos prescribimos al principio de la Obra. Los que quisieren saberlos por menudo, los hallarán en Boyle, Cotes, Desaguilliers, s'Gravefande, &c. Nos contentaremos con mostrar, que los efectos de esta balanza, no son mas que una aplicacion de los principios arriba puestos, y solo nos ceñiremos à tal qual exemplo, que baste para probarlo.

USO PRIMERO.

CONOCER LA GRAVEDAD especifica de un líquido.

LA gravedad especifica de una materia es el peso de ella baxo un volumen determinado. Llamase tambien *densidad*. Un sólido enteramente sumergido separa un volumen de lí-

quido igual à èl. Con que se hallarà la soltu-
cion del problema, si se encuentra modo con
que conocer el peso de este volumen separado:
por la quarta Experiencia nos consta, que dicho
peso es precisamente el que pierde el sólido en
la immersion: y assi se procederà del modo si-
guiente.

Busquese un cuerpo sólido que pueda su-
mergirse, sin variar de volumen, ni admitir al
líquido en sus poros, como v. gr. el vidrio. Este
cuerpo puede tener la figura que se quisiere, es-
pherica, cylindrica, cubica, &c. Cuelguese con
un cabello, ò con una cerda, del brazo de ba-
lanza, para conocer primero su gravedad abso-
luta. Despues se mete enteramente en el líquido.
Con la immersion se pierde el equilibrio; y la
cantidad, que es necesario añadir para volverlo
à poner, serà justamente el peso del volumen del
líquido separado. Si v. gr. el cuerpo era un cu-
bo de una pulgada, y despues de sumergido se
le añadieron quatro gruessos, se infiere, que una
pulgada cubica del líquido pesa quatro gruessos,
ò media onza.

Alguno me opondrà contra la exactitud de
la experiencia, que la gravedad de éste cubo de
vidrio, pesado en el ayre, no es lo mismo que
su gravedad absoluta; porque el ayre, como
fluido ambiente, le quita una parte de su peso.
Pero reparese, que tambien pierde casi otra tan-
ta parte el plomo, como quien està en equili-
brio:

brio : fuera de que el ayre es tan ligero , que sus gravedades absoluta , y respectiva no se distinguen sensiblemente , quando es diminuto el volumen de los cuerpos , que se pesan en èl.

En esta especie de experiencias se ha de tener grandissimo cuidado en que , mientras durre la operacion , no varie la densidad del cuerpo sumergido , ni del líquido en que se hace la immersion. Porque si dicho líquido llega à rarificarse , ò condensarse ; ò se aumenta , ò disminuye el volumen del sólido ; saldrà errado el calculo de la experiencia ; y esto sucede con gran facilidad , yà por el calor , yà por el frio , y yà porque muchas veces se juzga del estado del líquido por su nombre , sin reparar , que lo que se llama agua comun , espiritu de vino , &c , no tiene siempre una misma densidad.

Para obviar parte de estos inconvenientes , me parecia , que en vez de sumergir un cuerpo sólido de vidrio , se sumergiese una bola hueca llena de mercurio , y que rematase en un tubo capilar en forma de un thermómetro. De este modo se sabria el grado de densidad del líquido , ò à lo menos el que resulta del frio , y calor actual ; assegurandonos al mismo tiempo , que no ha variado el volumen del cuerpo sumergido. Porque si llegase à variar la temperie del líquido , lo notaríamos en el ascenso , ò descenso del mercurio en el tubo capilar.

USO SEGUNDO.

COMPARAR LAS GRAVEDADES
especificas de dos líquidos.

Conocida yà la gravedad especifica de uno de los líquidos, segun queda dicho, se hará la misma operacion con el otro; y la diferencia del peso, que se añade en uno, y otro para el equilibrio, será tambien la de sus gravedades especificas.

En esta especie de comparaciones se ha de notar tambien, que el grado de fluidèz no èntre en cuenta. Entre los líquidos hay unos mas viscosos, y mas dificiles de dividir: en éstos es tambien mas dificil la immersion del cuerpo sólido, prescindiendo ahora de su densidad; quando esto suceda, se havrà de recurrir à otro modo de proceder, para conocer con exactitud la gravedad especifica.

USO TERCERO.

COMPARAR LAS GRAVEDADES
especificas de dos cuerpos sólidos.

POR la quinta Experiencia queda probado, que las cantidades que pierden en la immersion dos cuerpos sólidos de igual gravedad absoluta, son proporcionadas à su respectivo volumen.

Ponganse, pues, en equilibrio en el ayre dos pedazos de qualquier materia: metanse despues enteramente en dos vasos llenos de un mismo líquido. Si los volumenes son iguales, permanecerà el equilibrio, por ser iguales las pérdidas; si no son iguales, el menor tirará del otro; y el peso que se añadiere para volverlos à poner en equilibrio, será la diferencia que hay entre las gravedades especificas de uno, y otro.

Si los tales cuerpos no pesan lo suficiente para sumergirse del todo por su propia gravedad, se les podrán añadir otros pesos, que no harán nada contra el efecto, si son perfectamente semejantes. Pero se ha de tener cuidado en que no se úna à la superficie de los cuerpos alguna bola de ayre, ò alguna otra materia, impidiendo al líquido que se aplique exactamente por todas partes; porque aumentado entonces el volumen,

312 *Lecciones de Physica Experimental.*
men, disminuirà à proporcion la gravedad.

U S O Q U A R T O .

*COMPARAR LA GRAVEDAD
especifica de un cuerpo sólido con la de un
líquido.*

Pesese un cuerpo sólido en el ayre; pesese despues en un líquido: el resto del peso, despues de la immersion, serà la diferencia entre su gravedad especifica, y la del volumen correspondiente del líquido. Supongamos v. gr. un pedazo de oro, que pese en el ayre 19 grueflos, y 18 en el agua comun. Esta immersion le quita $\frac{1}{19}$ de su peso; y la gravedad especifica del agua serà à la del oro como 1 es à 19.

NOTAS SOBRE EL AREOMETRO.

EL Arcómetro representado en la *fig. 10.* puede tambien servir para conocer la diferencia de gravedad entre dos líquidos; pero si ha de servir para conocer exactamente la proporcion de las gravedades, havrà de ser construyendolo, y usando de èl con muchas precauciones, que ordinariamente se omiten, y sin ellas no se puede hacer nada con la exactitud debida.

Lo primero: Es necesario que los líquidos

don-

donde entra el areómetro tengan el mismo grado de frío, ù de calor, para asegurarnos en que la diferencia de las densidades no nace de ninguna de dichas dos causas, y al mismo tiempo en que no ha variado el volumen del areómetro.

Lo segundo: Que sea igual por todas partes el cuello del instrumento, en que està señalada la graduacion; porque si tiene una figura irregular, no seràn iguales los volúmenes del líquido, señalados los grados iguales entre sí, por lo que mira à la distancia de uno à otro. Lo mas seguro, y facil para graduarlo bien, será ir cargando sucesivamente el instrumento con varias pesitas muy iguales, y cada una al hundirse irá señalando la distancia de cada grado.

Lo tercero: Se ha de tener cuidado en que la immersion sea perpendicular à la superficie del líquido; pues de otro modo impedirà la obliquidad el efecto, y no se farà exactamente el grado de immersion.

Lo quarto: Cuiéndose el uso de este instrumento à unos líquidos, cuya diferencia de gravedad entre sí es muy diminuta, se tendrá cuidado, en que la parte que queda fuera del agua, no estè sucia con algun vapor, ù otra cosa, que dè motivo à un yerro de cuenta en un calculo, en que se trata de diferencias tan cortas. Y quando el areómetro passa de uno en otro líquido,

se procurará que no lleve en la superficie alguna otra materia, que impida al otro líquido aplicarse por todas partes exactamente.

Lo quinto: Finalmente, supuestas todas estas precauciones, queda la dificultad en determinar con precision el grado de immersion, porque unos líquidos se unen al vidrio mejor que otros; y aun hay muchos, que luego que llegan al vidrio, se levantan mas, ò menos, mas arriba del nivel.

El modo de servirse de este instrumento, es meterlo primeramente en el líquido menos pesado, y notar la graduacion en que queda su superficie. Despues se mete en el mas denso, y se pone sobre el cuello el peso necesario y conocido, hasta que el grado de la immersion quede igual con el primero. La suma, pues, del peso añadido, para que la segunda immersion sea igual à la primera, será la diferencia de las gravidades específicas entre los dos líquidos.

Mr. Homberg, y varios otros Physicos, que lo han seguido, se han servido, para pesar los líquidos, de un vasito de vidrio delgado, como se vé en la *fig. 11*. A un lado del cuello sube otro tubo, por donde, segun dichos Autores, se llena siempre igualmente el vaso, por ser mas facil determinar exactamente la altura del líquido en el tubo, que no en el cuello del instrumento, en donde tiene mas extension la superficie. De este modo se persuadian, que siempre podrian

medir volumenes iguales, no hallando despues dificultad para conocer su gravedad, poniendolos en la balanza. Pero no puedo dexar de decir, que este methodo, como todos los otros, está expuesto à muchos inconvenientes. El mayor de todos es, que siendo tan estrecho el tubo, los líquidos no quedan à nivèl; porque la mayor parte suben mas arriba, como se verá presto, y no en todos es igual el exceso.

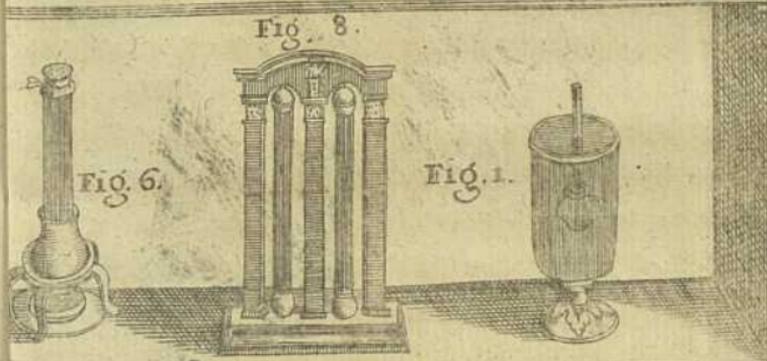
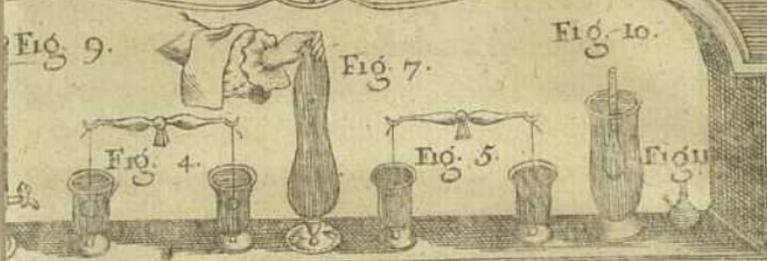
Muchos Sabios han tomado el trabajo de examinar la gravedad especifica de un gran numero de cuerpos, asì sólidos, como líquidos, haciendo un indice de ellos. Su trabajo ha sido muy loable, y al mismo tiempo muy difícil, si se repara en las escrupulosas precauciones, y en el tiempo necesario para esta especie de experiencias; las que, por muy exactas que sean, no pueden servir de regla fixa. Porque los individuos de cada especie varian entre si, quanto à su densidad; y no se puede decir, que dos diamantes, dos pedazos de cobre, dos gotas de agua, &c. sean perfectamente semejantes. Y asì, quando se quisiere saber con precision la gravedad especifica de algun cuerpo, lo mas seguro será examinarlo en particular por la experiencia: éste es el unico medio para formar un verdadero juicio. Es verdad, que en muchas ocasiones es superflua tanta exactitud; en tal caso podremos contentarnos con lo que dixere la experiencia de un hombre hábil, y exacto en la ma-

316 *Lecciones de Physica Experimental.*

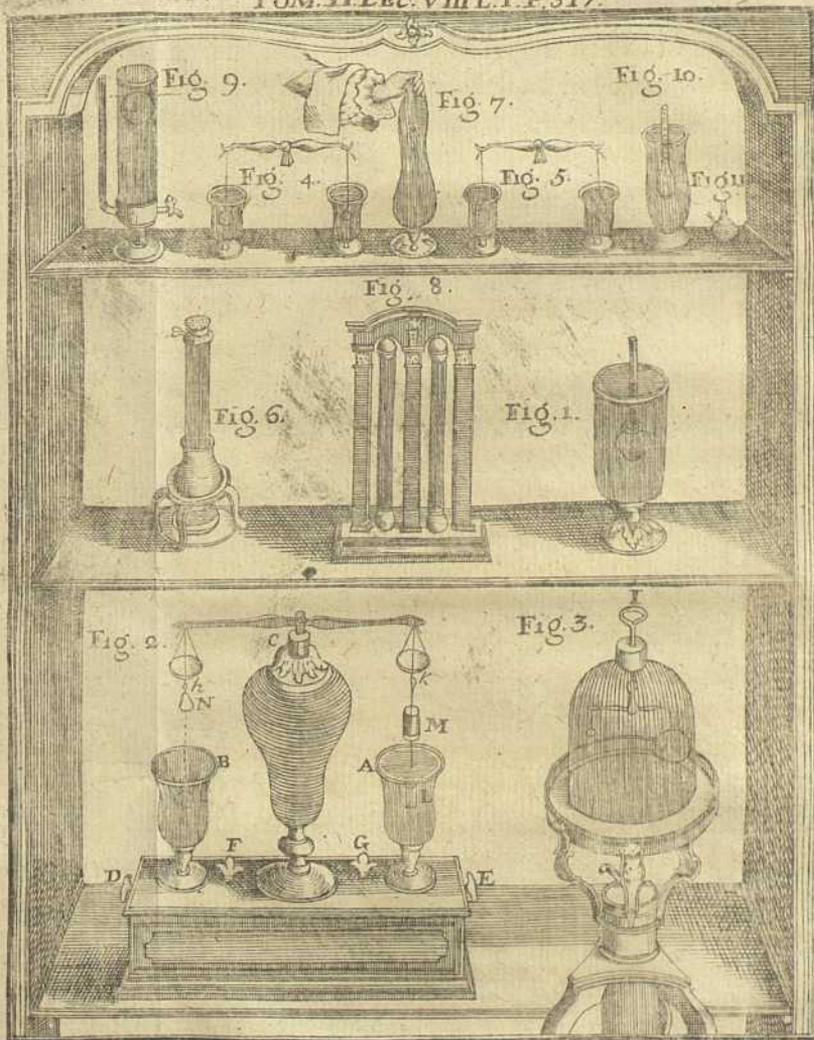
teria. Con esta mira pondremos aquí un Índice formado sobre las experiencias de Mr. Muschenbroek, cuya destreza, y exactitud conoce todo el mundo.

Las gravedades específicas de todas las mate-
tenidas en el Índice, están comparadas à la
del agua comun; y por agua comun se entien-
de la llovediza en una temperie media. Y así, en
viendo en el Índice: Agua comun . . . 1, 000.
Oro refinado, 19, 640. Ayre . . . 0, 001 $\frac{1}{4}$, se
ha de entender, que la gravedad específica del
oro mas fino es à la del agua, como 19 $\frac{1}{2}$, poco
mas, ò menos, es à 1; y que la gravedad del ay-
re casi no es mas, que la milésima parte de la del
agua.

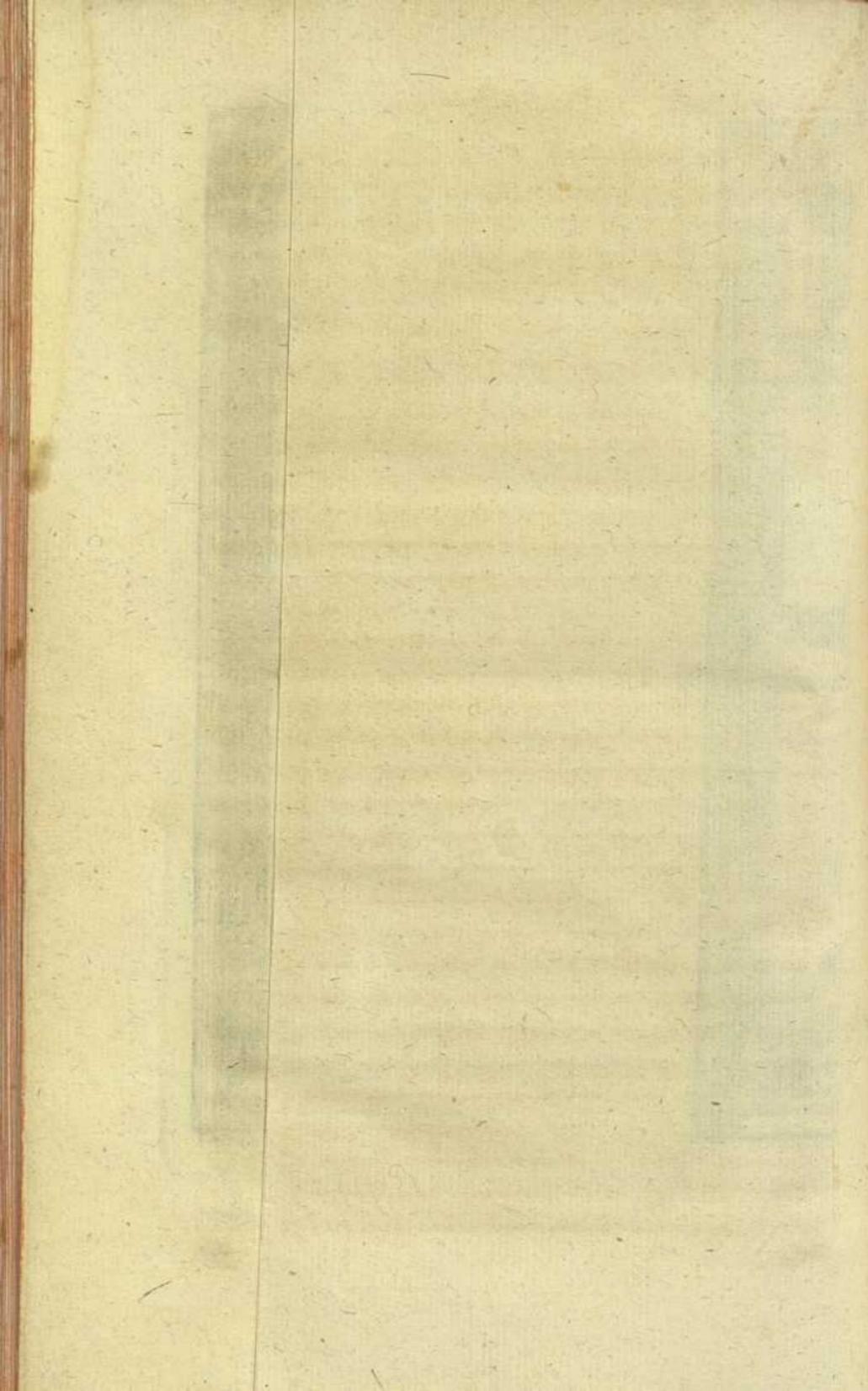




Wentz



1717



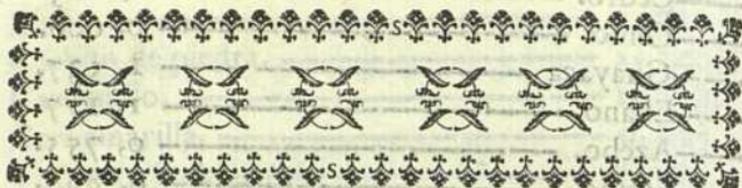


INDICE ALPHABETICO
de las materias mas conocidas, assi
sòlidas, como fluidas, en quienes
se ha probado la gravedad
especifica.

A Gallas.	1, 034.
Agatha de Inglaterra.	2, 512.
Agua comun, ù llovediza.	1, 000.
— destilada.	0, 993.
— del rio.	1, 009.
Ayre.	0, 001. ⁰ / ₄₈
Alabastro.	1, 872.
Alcanfór.	0, 995.
Alcohòl.	3, 530.
Alumbre.	1, 714.
Ambar blanco.	1, 040.
— amarillo.	1, 065.
Amianto.	2, 913.
Antimonio de Alemania.	4, 000.
— de Hungría.	4, 700.
Aceyte de linaza.	0, 932.
— de olivas.	0, 913.
— de vitriolo.	1, 700.
Acero flexible sin temple.	7, 738.
— templado.	7, 704.
Azufre comun.	1, 800.
Bismuth.	9, 700.

Borax.	1,720.
Carbón de piedra.	1,240.
Cardenillo.	1,714.
Cera amarilla.	0,995.
Cobre de Suecia.	8,784.
— en molde.	8,000.
Concha de ostras.	2,092.
Coral encarnado.	2,689.
— blanco.	2,500.
Crystal de roca.	2,650.
— de Islanda.	2,720.
Cuerno de buey.	1,840.
— de Ciervo.	1,875.
Diamante.	3,400.
Espiritu de vino rectificado.	0,866.
— de Trementina.	0,874.
Estaño puro.	7,320.
— ligado de Inglaterra.	7,471.
Goma Arabiga.	1,375.
Granate de Bohemia.	4,360.
— de Suecia.	3,978.
Hierro.	7,645.
Hueſſo de Buey.	1,656.
Incienſo.	1,071.
Leche de Baca.	1,030.
Litargirio de oro.	6,000.
— de plata.	6,044.
Marfil.	1,825.
Marmol negro de Italia.	2,704.
— blanco de Italia.	2,707.
Mercurio.	13,593.
Oro de Copela.	19,640.
— de una Guineà.	18,888.
Palo del Braſil.	1,030.

—Cedro.	0, 613.
—Olmo.	0, 600.
—Guayaca	1, 337.
—Ebano.	1, 177.
—Azebo.	0, 755.
—Fresno.	0, 845.
—Box.	1, 030.
—Abeto.	0, 550.
Pedernal.	2, 542.
Pez.	1, 150.
Piedra sanguinaria.	4, 360.
—Calaminar.	5, 000.
—de fusil opaca.	2, 542.
—transparente.	2, 641.
Pizarra azul.	3, 500.
Plata de copela.	11, 091.
Sal de Gläuber.	2, 246.
—ammoniaca	1, 453.
—Gemma.	2, 143.
—Polycresta.	2, 148.
Sangre humana.	2, 040.
Talco de Venecia.	2, 780.
Tartaro.	1, 849.
Turquesa piedra.	2, 508.
Vermellòn natural.	7, 300.
—artificial.	8, 200.
Vidrio blanco.	3, 150.
—comun.	2, 620.
Vinagre de vino.	1, 011.
—destilado.	1, 030.
Vino de Borgoña.	0, 953.
Vitriolo de Inglaterra.	1, 880.



A P E N D I C E

*SOBRE LOS TUBOS CAPILARES,
y sobre las causas de la fluidèz, y solidèz
de los cuerpos.*

ARTICULO PRIMERO.

DE LOS TUBOS CAPILARES.

ME ha parecido conveniente poner aqui lo que debe saberse de los tubos capilares, como excepcion de las leyes de la Hydrostatica arriba dadas. No por esto júzgo absolutamente imposible traer à estas reglas generales lo que hay de singular, al parecer, en esta especie de phenomenos; es cierto, que muchos Physicos de primera classe lo han intentado muchas veces; pero no puedo disimular lo dudoso del éxito. Quanto hasta aqui se ha dicho sobre el assunto, no passa los terminos de probabilidad, que aunque ingeniosa, dexa siempre que desatar muchas dificultades. Qui-

zàs alguno mas feliz en la investigacion , hallarà modo con que conciliar estos efectos con los principios que todos confiesan ; hallandose tal vez tentado de imaginar nuevas , y muy particulares causas ; pero todos saben , que en la Physica no tiene mucho peso la imaginacion, si no vè sostenida de la experiencia.

Llamanse *tubos capilares* los tubos muy delgados : pueden ser de vidrio , ù de qualquiera otra materia que pueda contener los líquidos. Sin duda se llaman asì , por la semejanza que tienen con el cabello , que comunmente se mira como un cañoncito hueco , y capáz de dár passò à ciertos humores.

No obstante por esta comparacion no se limita el grueso del tubo capilar al de un cabello ; los que ordinariamente nos sirven para las experiencias son mucho menos delgados , y los efectos son los mismos, aun quando el diametro interior del tubo sea de dos lineas , y aun de dos y media. Su figura es del todo indiferente: dos pedazos de espejo , aplicados paralelamente uno contra otro à una distancia proporcionada , producen el mismo efecto que un conjunto de tubos delgados : y todo cuerpo esponjoso, y bastante poroso para admitir los líquidos , se puede mirar como un conjunto de canales capilares. En las experiencias que se siguen pondremos lo mas digno de saberse en esta materia. En las preparaciones se veràn las diversas dimensiones

nes que pueden tener los tubos, y se conocerán sus propiedades por los efectos que resultan de cada experiencia.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL vasito AB (*fig. 12.*) se va llenando sucesivamente de varios líquidos; y en él se pone el tubo CD, abierto por sus dos extremidades, y sujeto à una tira de carton blanco dividido à lo largo en partes iguales.

EFFECTOS.

PRIMERA PROPIEDAD *de los tubos capilares.*

Luego que el tubo éntra en el líquido, éste se levanta ácia D; y si el tubo éntra mas en el líquido, éste subirá otro tanto mas arriba de lo que havia subido al principio. Este efecto es general en todos los líquidos; excepto uno de que hablaremos despues.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN esta Experiencia se procede como en la precedente. Los líquidos de que se llena el vaso sucesivamente, son, orines, espíritu de vino, espíritu de nitro, agua salada, aceyte de vitriolo. Se tendrá cuidado de enjuagar el tubo siempre que se varíe de líquido; y procurar que todos los líquidos tengan el mismo grado de calor, observando la división en que cada uno se fixa en el carton.

EFECTOS.

SEGUNDA PROPIEDAD.

EStos líquidos se levantan en el mismo tubo à diferentes alturas, en el orden que se sigue, empezando por el que se levanta mas: la orina, el aceyte de vitriolo concentrado, el agua salada, el espíritu de nitro, y el espíritu de vitriolo. En donde se vé, que los líquidos no se levantan en los tubos capilares en razon inverfa de su densidad; porque el espíritu de vino, que es el mas ligero, es el que menos se levanta.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN un vaso lleno de agua teñida de encarnado, ù otro color, se meten dos tubos de diferentes diametros, de modo, que el diametro interior del uno sea el doble del otro. (fig. 13.)

EFECTOS.

TERCERA PROPIEDAD.

EL agua se levanta en el tubo mas estrecho, otro tanto mas que en el mas ancho. Y figuiendo este efecto constantemente la proporcion que tienen los tubos entre si, se podrá concluir en general, que los líquidos se levantan en los tubos capilares en razon inversa de su diametro: es decir, que el líquido sube tanto mas alto, quanto es el tubo mas estrecho.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN vez de los líquidos, que nos han servido en las Experiencias precedentes, nos serviremos ahora del mercurio; y à metiendo el tubo en un vaso lleno de este líquido, y à vertiendo este líquido en un Siphòn, que tenga uno de sus brazos capilar, como se vè en la *fig.* 14.

EFECTOS.

QUARTA PROPIEDAD.

Reparese que el mercurio se queda mas baxo que el nivèl, y que baxa tanto mas, quanto es el tubo mas estrecho. En el Siphòn v. gr. en vez de subir hasta G por el brazo capilar para quedar à nivèl con el otro, se queda en H, y aun baxaria mas, si fuessè mas estrecho el tubo.

Hasta ahora no se conoce otro líquido que tenga estas propiedades en los tubos capilares: es muy probable, que lo mismo sucederia con todas las materias metálicas en fusión. Yo puedo decirlo del estaño, y plomo derretido, en quienes he hecho la prueba.

EXPLICACIONES.

Todos estos efectos parecen à la vista contrarios à las leyes ordinarias de la Hydrostatica. Segun éstas, se ha mostrado, que un líquido se pone siempre en equilibrio consigo mismo, yà sea en un mismo vaso, yà en diversos que se comuniquen entre si; y si el líquido obedece à una fuerza que lo levante mas arriba del nivel, es siempre cediendo à proporcion de su densidad, &c. Havrà un siglo, à lo mas, que se descubrió esta diferencia en los tubos capilares. Este descubrimiento se hizo en un siglo, en que yà se creia, que todos los efectos de la Phisica debian explicarse por causas mecanicas, y que se ofrecen à la imaginacion de un modo inteligible. En consecuencia de esto han trabajado los hombres mas habiles sobre el asunto; pero no sé, si el exito ha correspondido al buen zelo.

En tres clases pueden disponerse las diversas opiniones de los Autores que tratan esta materia.

La primera atribuye estos phenomenos à la desigualdad de la presion del fluido ambiente; suponiendo, que éste se exercita con mas libertad, y mas completamente sobre la superficie del vaso A B, que sobre el orificio del tubo en el líquido, (*fig. 12.*)

Este fluido ambiente, segun algunos, es el ayre,

ayre , cuyas partes ramosas se impiden unas à otras , y se mueven con dificultad en el canàl estrecho del tubo , al mismo tiempo que se mueven libremente sobre la superficie del vaso. El pensamiento es muy natural ; pero con sola una experiencia queda casi indefensible. Quanto los tubos capilares obran en el ayre de la atmospherà , lo obran tambien en el recipiente de una maquina Pneumatica , rarefacto el ayre.

A esto se responderà diciendo , que nunca queda el recipiente perfectamente vacio ; y que el ayre que queda , aun quando la bomba sea la mas exacta , puede sostener al agua algunas pulgadas mas arriba de su nivèl.

Desde luego se viene à la vista , que la respuesta no satisface à la objecion. No obstante no dexa de tener alguna fuerza : todo el ayre del recipiente se rarifica igualmente ; con que si se disminuye la presión sobre la superficie del vaso , disminuirà tambien à proporcion la resistencia en el tubo ; y quedaràn siempre en su fèr las causas de la desigualdad de la accion. Pero con otra segunda experiencia se prueba , que casi no se puede defender esta desigualdad de presión que supone , que el ayre no puede exercitarse libremente en el tubo. Si esto fuèsse así , se havia de seguir necessariamente , que el líquido se levantasse à proporcion del tamaño del tubo ; porque es cierto , que si el ayre halla en él algun obstáculo , lo hallarà mayor en un tubo

bo mas largo. Esto jamàs sucede: solo el diametro del tubo determina, y arregla el grado de elevacion; y en llegando el agua al punto adonde ha de subir, no baxarà, aunque se acorte el tubo, quebrandolo por la parte superior.

Abandonado por estas razones el ayre grofiero de la atmosphera, ha sido forzoso recurrir à otro fluido mas sutil, que queda en el recipiente, aunque se haya purificado de ayre. Este fluido se supone compuesto de partes globulosas; demonstrando, que nunca llena exactamente un tubo, y que por consiguiente la presion, que depende de esta plenitud, debe disminuir à proporcion de lo estrecho del tubo. De aqui, dicen, nace la falta de equilibrio entre la presion del fluido en el tubo, y entre la que se exercita sobre la superficie del vaso, donde el tubo éntra.

No puede negarse que la hypothesis es ingeniosa; pues supone un fluido, cuya existencia no puede negarse; pero se le atribuyen unas propiedades, que no pueden admitirse sin mucha dificultad. Un medio, cuyas partes son aun mas sutiles que las del ayre comun, y tanto, que pueden penetrar por los poros del vidrio, podrà dexar tanto vacio en el tubo, y aplicarse tan mal à las paredes del vidrio, que su presion difiera sensiblemente de la que se exercita exteriormente sobre la superficie del

vaso? Por otra parte, porquè la presión mas libre, y mas adecuada sobre dicha superficie no levanta los líquidos en el tubo à proporcion de sus densidades? Finalmente, hablando con la experiencia, parece que este efecto no depende de lo mas, ò menos libre de la presión, segun lo ancho de su base; porque si en lugar de meter el tubo en el vaso, se dexa caer una gota de líquido por el orificio superior del tubo, luego que llega al inferior, vuelve à elevarse, como en qualquier otro caso.

Esto es no obstante, lo mas verisimil que hasta aqui se ha dicho para explicar el ascenso de los líquidos en los tubos capilares, por la desigualdad de la presión de un fluido ambiente. Veamos ahora si tienen mejor apoyo las opiniones de la segunda classe.

Estas, aunque por diversos caminos, vienen todas à parar à un mismo termino; diciendo, que luego que entra en el líquido el tubo capilar, pierde su peso la columna del liquido en fuerza de una adherencia al vidrio, y dexa de pesar sobre el fondo del vaso, en que se hace la immersion; entonces las columnas exteriores al tubo exercitan su gravedad mas libremente, è impelen otra semejante baxo la primera, despues otra baxo la segunda, &c. Y todas estas partes se acumulan, formando una columna total, cuya altura es proporcionada à

la frotacion , que aumenta à proporcion que disminuye el diametro del tubo.

Bien se concibe que una columnita de agua dentro de un tubo capilar se mantenga en él por la frotacion , ù por la adherencia à las paredes del vidrio. Pero no entiendo cómo pueda una columna de agua por su proprio peso , apartar à la del tubo , y aun levantarla , para substituirle otra semejante ; porque el agua del vaso solo tiene la fuerza necesaria para hacer que éntre en el tubo una columna que lléne la parte sumergida ; ò diciendolo de otro modo , solo puede hacer que esta columna quede à su nivèl. Ahora pregunto : cómo podrá el agua hacer ésto , si ha de levantar al mismo tiempo à la columna que ocupa su sitio ? Se me responderà , que ésta no pesa contra el fondo del vaso , por que se sostiene en fuerza del frotamiento. Esto es verdad , mientras se estuviere quieta ; pero quando llegue à subir , es necesario vencer su peso inmediatamente , ò mediatamente vencer la adherencia , ò la frotacion à quien el peso havia cedido.

Para dàr à conocer lo poco que este systèma conviene con la experiencia , baste decir , que los tubos capilares producen los mismos efectos con la misma prontitud , y tan adecuadamente , aun quando no se haga mas que tocar con ellos el líquido lo mas ligeramente que se pueda : en donde incontestablemente se vè , que

la presión de las columnas exteriores no hace nada en estos efectos.

Y así vemos, que algunos de los que siguen esta opinión conocen la insuficiencia de la causa. „ El agua (dicen) queda suspendida en „ los tubos capilares en fuerza de su adherencia natural al vidrio ; pero otra causa es la „ que la obliga à subir en ellos. Y què causa es ésta que se une con la adherencia, y que nos ha de explicar los efectos de los tubos capilares ? „ Aquella misma fuerza (dicen) que „ hace que dos gotas de agua se junten entre sí, „ quando están muy cerca una de otra. „ Passemos à la tercera classe.

Los Autores de esta opinión suponen, que el vidrio atrahe al líquido. Pero en què se funda esta suposición ? Cómo ha de entenderse esta atracción ? y què regla sigue en sus efectos ? Porque si no hay mas pruebas que el hecho en question, y la tal causa se reduce à una qualidad abstracta, que no està sujeta à medida alguna, venimos à parar à las sympathias, y à las qualidades ocultas de los Peripateticos, tan justa, y generalmente desterradas de la Physica Moderna, esto es, de la Physica Racional.

En dos classes se dividen los Physicos que admiten la atracción. (Hay muchos que admiten esta opinión, y no puedo dexar de decir, que entre los que la siguen, hay algunos, cuyo

nombre solo podria inclinarnos à ella, si la autoridad huviera de servir de regla à los efectos de la naturaleza.) Los unos, segun la mente de Newton, miran la atraccion como un efecto, que tiene cabida en toda la naturaleza, y que, como los demàs, pudiera tener una causa mecanica. Muy loable seria emplearse en buscarla, segun dichos Autores, pero en algun modo desesperan de poderla hallar. Los otros cortan el nudo desde luego, diciendo, que la virtud atractiva es un principio que inmediatamente viene de la voluntad del Criador. Segun aquellos, quando dos cuerpos se acercan uno à otro, ù estàn unidos entre si, sin que se vèa la causa de su union, ù adherencia, se ha de recurrir à la *atraccion*. Este nombre solo sirve para distinguir los tales efectos de otros muchos al parecer semejantes, pero que en realidad tienen sus causas conocidas. Segun los otros, los tales efectos se producen en virtud de una fuerza innata, y de una inclinacion natural, con que un cuerpo por si mismo, y sin algun impulso extrinseco, va àcia otro, y exercita en èl su virtud, aun antes de tocarle, no solo por si mismo, pero ni aun por otros cuerpos intermedios.

Los que solo admiten la atraccion como un hecho, sin passar à otra cosa, no salen del camino ordinario, segun creo. Los Cartesianos (que son los que con mas fidelidad se in-

clinan à las causas mecánicas) se fundan cada dia en varios phenomenos, cuya causa es obscura, dandoles los nombres, que quieren: la *adherencia*, la *viscosidad*, la *flexibilidad*, el *resorte* de ciertas materias sirven comunmente para explicar sus propiedades, sin que ésto nos repugne; pues por què nos ha de repugnar el nombre de *atraccion*, si solamente expresa un hecho, precindiendo de su explicacion?

Supero pregunto: Se ha de pensar del mismo modo de la virtud atractiva, considerada como principio de la naturaleza? Doy, que no sea metaphysicamente imposible, (y no todos le hacen esta gracia;) supongo, con los que mejor la defienden, que el Criador, al poner el impulso, como la causa mas ordinaria del movimiento de los cuerpos, tubo tambien la libertad de poner la atraccion; y que estos dos principios no sean incompatibles: de aqui solo se deducirà, que Dios pudo servirse de dos medios en lugar de uno: Pero de que una cosa pueda ser, se infiere que en realidad lo sea? De que algunos movimientos no se hayan explicado bien por las leyes del impulso, se infiere acafo, que son absolutamente inexplicables? Pues para introducir con autoridad un nuevo principio, se necesita una demonstracion, mayormente, sabiendo que la naturaleza afecta no menos simplicidad en las causas,

fas, que fecundidad en los efectos; y que el entendimiento humano, ceñido à solo su conocimiento, nunca puede jactarse de haver visto quanto hay que ver; y que jamàs conoce menos los efectos naturales, que quando se toma la libertad de explicarlos arbitrariamente. Tengo por muy prudente, y juicioso este pensamiento de un Sabio, (*) que en el tiempo de su vida tuvo varias ocasiones de saber quanto se puede decir à favor del systèma de las atracciones, y quanto se puede oponer al uso que se hace de los impulsos. „ No nos hemos de
 „ jactar, dice, de poder vencer quantas dificultades se ofrecen à nuestras inquiticiones
 „ phýsicas; pero no por esto hemos de dexar
 „ de philosophar sobre los principios claros
 „ de mecanica; porque si los dexamos, se apagarà toda la luz que podèmos tener, y volverèmos otra vez à las antiguas tinieblas
 „ del Peripateticismo.

Viendo Mr. Newton en los cuerpos que nos rodèan, cantidad de atracciones, esto es, muchos efectos que se pueden llamar así, sospechò, que en todos los cuerpos las havria. Y deteniendose, no tanto en la explicacion de estos efectos, quanto en su calculo, supuso que

(*) Mr. Saurin, *Memor. de la Academ.* 1709.
 pag. 131.

que todas las partes de la materia iban unas ácia otras recíprocamente , y que en consecuencia dos cuerpos se atrahian en razon directa de sus mássas ; que si uno de ellos , v. gr. tiene una vez mas partes que el otro , su atraccion será tambien doble respecto del otro. Parecióle tambien que esta tendencia reciproca no havia de ser tan fuerte de lexos como de cerca ; y por algunas razones se determinò à creer , que esta accion (parecida à todas las que se estienden en forma de esfera) podia ser en razon inversa del quadrado de la distancia ; esto es , que à dos grados de distancia se atrahian los cuerpos quatro veces menos ; à tres grados , nueve veces menos ; à quatro , diez y seis veces menos , &c.

Hasta aqui no tenemos mas que una mera sospecha : y què otra cosa podia haver , aun figuiendo la misma idèa que Newton havia formado sobre la atraccion ? Esta , segun èl , es proporcionada à la mássa de los cuerpos. Todo quanto està à nuestra disposicion es tan diminuto en comparacion del globo en que vivimos , que la atraccion de éste hace casi insensibles todas las otras pequeñas atracciones particulares ; assi como la luz del Sol impide que se perciba la de una vela. Era , pues , muy del caso transplantar esta hypothesis à cuerpos solos , y muy separados unos de otros , para ver , si podia suponerse en ellos una atraccion mutua,

y si ésta era segun las leyes imaginadas ; porque éstas no podrian verificarse en las atracciones pequeñas ; y si se podia dudar , yà la atraccion en general sería una hypothesis mal fundada. Mejor que otro qualquiera sabia Newton la mucha autoridad que tiene la experiencia en las questiones de Physica ; y no hallando ninguna suficientemente decisiva en la superficie de la tierra , buscò nuevas pruebas en un campo mas dilatado , y mas conocido para él. Comparò el movimiento de los Astros con las deducciones de su principio ; y hallò tanta conformidad en el hecho , que quizà quedará alguno tentado de creer , que supo este hombre grande adivinar el secreto de la naturaleza.

Por muchas ventajas que tenga la hypothesis Newtoniana sobre todas las que le han precedido ; aunque explique de un modo mas completo los movimientos de los Astros ; y aunque llegue à dár razon de sus irregularidades aparentes ; no obstante , siempre queda en pie la misma duda. Confieso , que el modo de discurrir de Newton nos inclina à creer , que los Planetas tienen entre sí una tendencia reciproca ; y que ésta opéra , segun las leyes que él mismo le atribuye ; pero todo esto puede ser efecto primitivo de algun impulso physico ; y Newton nunca se atrevió à decir lo contrario. Con què derecho , pues , querràn sus Discipulos convertir la atraccion de hecho en virtud inherente, en attri-
bu-

tubo primitivo, en nuevo principio? Serà acaso, porque volviendo sobre los efectos, que induxeron à su Maestro à sospechar la atraccion general, descubrieron otra cosa, que èl no havia visto? Hallaron quizàs aun en el mismo hecho la imposibilidad de una explicacion mecanica? ò toman por pruebas de la atraccion todas las aplicaciones infructuosas del impulso à ciertos efectos dificiles de explicar? Hasta ahora nadie se ha valido de las dos primeras razones; y los que se sirven de la tercera, faltan à los principios de la Logica; porque no discurre bien, quien dice: *Esto no se explica por las leyes del impulso: luego es efecto de la virtud atractiva*: antes debian hacerse dos cosas; primero probar la existencia de estos dos principios: Segundo, que el primero no puede tener lugar en el efecto de que se trata.

Fuera de que, esta especie de phenomenos, que (segun los nuevos Newtonianos) indican la atraccion, es acaso tan frequente, como las que prueban el impulso? Por ventura dependen de la naturaleza por tantos, y tan diversos caminos como pueden discurrirse?

Si el hecho de la question se llega à ver mas de cerca, hallarèmos, que todo aquello, que con tanta dificultad se explica por la presion de los fluidos ambientes, ò por qualquiera otra causa mecanica, puede referirse facilmente à los tubos capilares: tal es el ascenso de los líquidos

en los cuerpos esponjosos ; tales son tambien las disoluciones , efervescencias , y otras operaciones quimicas , en donde las partes de una materia penetran reciprocamente por los poros de otra : y què sè yo , si tambien pudiera trahèrse aqui la union espontanea de dos gotas de agua , que se confunden en una , aun antes que por alguna causa externa , y conocida se ocasione el contacto? Porque todos los cuerpos , especialmente los fluidos , se exhalan en vapores ; estàn rodeados de una atmospherula mas rara , y mas porosa , que la massa : y por configuiente dos gotas de agua llegan à tocarse aun antes que reparèmos en ello.

La Escuela de Aristoteles creia el horror del vacuo , porque le parecia que havia en la naturaleza muchas señales que lo indicaban : la adherencia de dos cuerpos bruñidos , la dificultad de separar las alas de un fuelle cerrado por todas partes , el ascenso del agua en las bombas atractivas , la resistencia del émbolo de una gerringa , tapado el cañoncito , &c. Luego que se conociò el peso del ayre , facilmente hallaron su verdadera causa todos estos phenomenos , que hasta entonces se havian mirado como pruebas del principio obscuro del horror del vacuo. Esto puede servir de leccion à los que creen registrar por todas partes señales de la virtud atractiva. Si todas estas pretendidas pruebas , que al parecer dicen lo mismo en materias tan diferentes , pue-

dén reducirse à un mismo genero ; si lo mas eficaz que citan los Partidarios de las atracciones, no es mas que el phenomeno de los tubos capilares , representado con diversas formas , no puede dudarse , que en su modo de discurrir hay circulo vicioso ; porque si se valen de la virtud atractiva, para explicar los tubos capilares, y luego trahen los tubos capilares para probar la atraccion ; ò la prueba es falsa , ò la explicacion no se funda ; y esto es , como dicen , suponer la question. Què hombre de juicio , sin conocimiento del viento , y de su fuerza , creeria de primera instancia , que el impulso del ayre hace dàr vueltas à un molino, lleva los Navios de una parte à otra del Oceano , y obra otros muchos movimientos de esta especie ; mayormente , si en toda su vida no havia visto mas que molinos de agua , y barcos tirados à fuerza de brazo?

Pero supongamos no obstante , que por otra parte quede probada la virtud atractiva , y veamos lo que vale entre las manos de los Newtonianos mas hábiles para explicar el efecto de los tubos capilares.

„ El vidrio , dicen , atrahe al agua mas de
„ lo que el agua se atrahe à si misma: luego que
„ el orificio del tubo llega à tocarla , se levanta,
„ hasta que su proprio peso quede en equilibrio
„ con la virtud atractiva , que reside en la superficie interior del tubo.

„ El agua sube mas en los tubos estrechos,

que en los anchos; porque es mayor la superficie de aquellos, respecto de la solidéz de la columna de agua; y las partes de enmedio están mas cerca del vidrio que las atrahe.

En esta especie de tubos se queda el mercurio mas abaxo de su nivél; porque siendo mas denso que el vidrio, tira de sí mismo mas de lo que pudiera tirar de él el vidrio mismo.

A primera vista hace aqui la atraccion un gran papel. Pero examinemos el hecho mas de cerca, y sigamos las consecuencias del principio, que sirve de fundamento à estas explicaciones. Pregunto, pues: Los cuerpos que puede penetrar el agua, y que por tanto se han de mirar como tubos capilares, admiten solamente en sus poros, y solo levantan sobre su nivél à los fluidos menos densos que ellos? La altura de la columna elevada en el tubo, se arregla siempre por el exceso de la atraccion del vidrio, y por la gravedad específica del líquido? Lo cierto es, que hay algunos líquidos mas pesados, que suben mas en el tubo, que otros mas ligeros. Se sabe, que la experiencia responde à estas cuestiones de un modo poco favorable à la explicacion que se acaba de dár. Pero oygamos à uno de los mas ingeniosos (*) partidarios de la atraccion.

(*) *Mr. Jurin Trans. Phil. n. 2 55. art. 2. y n. 363. art. 2.* Las Dissertaciones de Mr. Jurin se hallan al
fin

cion. Esta es su objecion , y tiene difícil respuesta.

„ Consta por la experiencia , que los líquidos se levantan en los tubos capilares en razon inversa de su diametro : y así , si la columna se levanta una pulgada sobre el nivel en un tubo de media linea de ancho , se levantará seis lineas en un tubo doble , respecto del otro. Esta ultima columna , aunque menor , contiene mas agua que la primera , como todos saben : no obstante , la superficie del vidrio , que toca à la columna mas estrecha , es mayor que la otra , si se mira à la cantidad del agua. Luego la fuerza atractiva no es proporcionada à la superficie interior del tubo : ò si no , yà una misma causa no tiene un mismo efecto constantemente ; y esto no se puede admitir.

Haviendo Mr. Jurin dado à conocer la insuficiencia de la explicacion precedente con la dificultad propuesta , y con otras experiencias decisivas , substituyò otra en su lugar. Dice , que la atraccion del tubo solo opéra por la parte anular de la superficie interior , en que termina la columna del líquido. Funda su opinion en varias experiencias harto ingeniosas , y engañosas à primera vista.

Me-
fin de las Lecciones de Physica Experimental de Mr. Côtés, traducidas en Francès por Mr. le-Monnier. En Paris 1740.

Metafe en el agua, dice, el tubo A B (*fig. 15.*) formado de dos partes A C, C B, de diferentes diametros. Aunque un tubo del grueso de C B, no pudiera levantar el líquido mas que hasta el punto E, no obstante, si lo llenan hasta el punto D, el agua quedará hasta allí suspensa, con tal que esta porcion del tubo tenga tal diametro, que otro tubo de su mismo grueso mantenga el agua à la altura B D.

Si se vuelve boca abaxo el tubo, como en F G, solo se levantará el agua, y quedará suspensa en el punto F, y à ésta sola altura se levantaria en un tubo, que fuese todo el del ancho de la parte F.

Por estas experiencias, como lo nota Mr. Jurin, parece, que si la altura de las columnas de agua dependiessè de la atraccion de toda la superficie interior del tubo, no debiera el líquido sostenerse en la primera mas arriba del punto E; y en la segunda excederia à la altura F; porque (segun queda supuesto) la mayor parte del tubo, que la contiene, es de un diametro capaz de hacerla subir à una altura igual à B D. Con que ésta elevacion, ò suspension del líquido dependerà mas bien de la parte annular del vidrio, en que remata la columna; porque la altura del agua varia à proporcion, que se muda el diametro de dicho anillo.

El Autor de estas Experiencias, no menos sabio que juicioso, seguia en sus operaciones mas bien

bien el deseo de la verdad, que no las preocupaciones del sistema de la atraccion; y así, aunque no lo dexé, no obstante, no dexa de decir quanto puede oponerse à su opinion. Su primera experiencia puede hacerse de modo, que pruebe demasiado, y que sea un nuevo fenomeno, que necessita otra explicacion particular.

En vez del tubo A B (*fig. 15.*) se sirve de un embudito de vidrio, de mas de una pulgada de diametro, y que remata en tubo capilar, como puede vérsé en la *fig. 16.* Si este embudo, puesto boca abaxo, no excede la altura à que pudiera elevarse el agua en un tubo del grueso de la parte H, podrá llenarse del todo, como en el tubo DB de la Experiencia precedente. Si la atraccion annular sostiene à la columna H I, cómo se sostiene la grande cantidad de agua que la rodéa?

No han dexado algunos de responder, que esta massa de agua quedaba sostenida en virtud de la atraccion de la parte convexa; esto es, que cada punto del vidrio, K, L, &c, atrahia la columna que le correspondia. Pero con otra nueva experiencia queda deshecha esta respuesta.

Supongase el embudo con la figura que tiene en la lamina, (*fig. 17.*) sin llenarlo del todo; pero que tenga mas agua de la que pudiera entrar en él en fuerza de la propiedad del tubo capilar. Si en tal caso se llega à tocar el orificio superior con el dedo mojado, de suerte que cayga en el tubo una gota de agua, la columna

se

se quedará suspensa, como si del todo estuviere lleno el embudo. Con que ya no se le ha de atribuir este efecto à la atraccion de la parte convexa del vidrio.

De esta fuerte impugna Mr. Jurin las explicaciones, en que se emplea sin fruto la virtud atractiva; aunque no sè, si podrá desatar el nudo de la dificultad, valiendose de este mismo principio, que siempre sigue. Una de las utilidades en esta especie de trabajo es la destruccion de las razones fútiles; pues hay menos obstáculos que vencer en el camino de la verdad. No perdamos de vista esta materia entre las manos de un Sabio, que parece haverla tratado con mas inteligencia, y sagacidad, que ninguno de los que le han precedido.

Mr. Jurin conviene, y con razon, que la suspension de toda la massa de agua en el embudo no puede atribuirse con alguna verisimilitud à la adherencia con la columna de enmedio, que inmediatamente està suspensa en virtud de la atraccion de la parte capilar H. Por otra parte, haviendo repetido varias experiencias en el vacuo, conviene tambien en que el ayre grosse-ro de la atmospherà no tiene que ver con estos efectos. Por lo que con la mejor intencion por la virtud atractiva, y con toda la habilidad de un Physico acostumbrado mucho tiempo à las experiencias, se vè obligado à recurrir à la presion de un *intermedio bastantemente sutil para*

penetrar por el recipiente, y que obrando con mas libertad sobre la superficie del agua del vaso, que sobre el líquido del tubo, que entra en él, puede ser causa de la suspension. Esto es confesar claramente la insuficiencia de la atraccion, para la explicacion de las propiedades de los tubos capilares; pero no sería malo que se estendiese más en ponernos à la vista, cómo éste *medio sutil* comprime mas libremente al agua del vaso, que à la del tubo.

En un Tratado muy docto, (*) que acaba de dár à la luz Mr. Clairaut, aplica bellamente los principios, que dexa establecidos à los phenomenos de los tubos capilares. Dice, que Mr. Jurin no usa en el examen de esta question de todos los principios necesarios para explicarla perfectamente; y en vez de detenerse, como lo hace Mr. Jurin, en la sola atraccion del anillo capilar, en que termina el líquido, passa à examinar la question, segun las leyes generales de la Hydrostatica: y despues hace el calculo de lo que puede la atraccion alterar en el nivèl, quando el tubo es capilar. Lo que resulta de dicho calculo concuerda perfectamente con la experiencia; pero lo singular de la theorica de Mr. Clairaut es, que el efecto no nace de la atraccion de la parte superior del tubo, como creia

Tom. II.

Xx

Mr.

(*) *Théorie de la Figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydrostatique.*

Mr. Jurin, segun sus experiencias; sino al contrario, solo se ha de mirar à la parte inferior; sin que la superior tenga parte alguna; porque su atraccion queda contrapesada por otra igual en la parte media del tubo.

De todo lo dicho se infiere, que estos phenomenos, ò no se han explicado bien hasta aqui, ò que las explicaciones dadas dependen de hypothesis, que no estàn recibidas generalmente. Quizàs esto nacerà de haverse obstinado à solo dárles una unica causa: cuántos efectos naturales hay que tienen muchas, y que no pueden conocerse por todas partes, sin examinarlos por diferentes caminos? Es muy probable, que el punto fundamental de la explicacion sea la presión desigual de algun fluido; aunque la adherencia, ò la viscosidad natural de los líquidos, el tamaño, y figura de sus partes, y quizàs un cierto movimiento, que les es proprio, &c; son otros tantos medios de que puede valerse la naturaleza, para la produccion de estos efectos; y otros tantos objetos, que no hemos de perder de vista en nuestras observaciones.

APLICACIONES.

Aunque claramente no se vèa la causa inmediata de la elevacion, y suspension de los líquidos en los tubos capilares, no obstante estos phenomenos no dexan de ser muy útiles, por la

mu-

mucha parte, que al parecer tienen en las operaciones de la naturaleza, y porque lo que de ellos sabemos, puede dirigirnos à descubrir otras muchas cosas. Varias veces sucede, que un efecto, que solo se explica imperfectamente, suele ser una explicacion clara, y distinta de muchos otros. Aun no sabemos con fundamento, qual sea la causa verdadera de la gravedad de los cuerpos; no obstante con el conocimiento que tenemos de sus leyes, podemos dar razon de muchas cosas, que sin ello quedáran sepultadas en una profunda obscuridad. Del mismo modo sabiendo, que los líquidos, aun contra su proprio peso, se levantan en un cañon estrecho, (sea de la materia, y figura que se quisiere) no me coge de nuevo el hallar humedo hasta arriba un monton de arena, una piedra blanda, un pedazo de leño puesto de pie, &c, aunque dichos cuerpos no estén del todo dentro del agua. Porque, siendo porosos, halla en ellos el agua varios conductos por donde sube, como subiera por unos tubitos de vidrio; y aun quizá mejor, porque en un canal muy derecho opone el líquido toda su gravedad à la causa, que lo levanta; y al contrario, quando el conducto es sinuoso, halla algunos remansos por donde subir poco à poco, y aun con nuevas fuerzas.

Quizàs lo que vemos suceder en estas cosas pequeñas, sucederà así aun en las de mayor entidad. El monton de arena mojado hasta la su-

perficie superior puede servir de explicacion del origen de varios manantiales, que jamàs se agotan, que siempre dàn una misma cantidad de agua, y que parece no dependen, ni de la estacion, ni de los vapores, y otros influxos de la atmosphaera, y aun se hallan muy inmediatos al mar. Este pensamiento lo han recibido con aplauso, y aun lo han adoptado varios Autores; (*) pero pierde una parte de su probabilidad, si se advierte, que jamàs un tubo capilar rebosa por la parte superior; y que la arena, aunque muy mojada sobre el nivèl del agua, casi nunca lo està en lo exterior, y aun quando lo està, no por esso llega à formar manantial.

El pedazo de leño mojado hasta mas arriba de lo que entra en el agua, puede dárnos alguna idea del mysterio de la vejetacion. Todos saben, que lo que hace crecer las plantas, es el jugo que passa de la raiz al tronco, y del tronco à las ramas; pero todos ignoran, qual sea la potencia que obligue à subir de este modo al humor nutritivo. Mientras se descifra este mysterio, se podrian mirar los caminos que toma el jugo, como si fueran canales capilares, ò como una serie de cuerpos esponjosos, por donde và subiendo, con mas, ò menos abundancia, segun el estado actual del sujeto que lo recibe.

Lo

(*) Plot. *Tentamen philosophicum de Origine fontium.*
Derham, *Theologie Physique.*

Lo mas maravilloso es, que cada especie de plantas parece que tiene su jugo particular; porque es cierto, que la tierra se desubstancia à fuerza de nutrir la misma especie; y que la dexan descansar, variando de semilla aun en el mismo fondo. En un Jardin, cómo puede cada arbol tomar para sí el jugo que le conviene? Por qué no toma para sí el manzano, lo que le toca à la viña, ni la murta lo que conviene al jazmin, ni éste el jugo de la madre-selva?

Con poquísimo fundamento se puede responder hoy dia à estas questiones, por saberse muy poco lo que passà en esta linea. Pero, si es cierto que los canales por donde sube el jugo, hacen las veces de tubos capilares, no faltará un exemplo de esta especie, que se pueda mirar como una imitacion grossera de la naturaleza en quanto al objeto presente. Echense en un mismo vaso dos líquidos muy diferentes entre sí, como aceyte, y vino v. gr. Metanse dentro dos hilachas de paño, la una mojada antes en vino, y la otra en aceyte: una, y otra harán el oficio de una esponja; pero la primera solo chupará el vino, y la segunda solo el aceyte. Todos los cuerpos de esta especie son muy aptos para atraher à sí los líquidos; pero unos se cargan mas de un líquido, y otros de otro, segun la analogia, que con ellos tienen. Esta analogia consiste sin duda en la figura, en el tamaño, en la disposicion de las partes, &c; quizás su-

sucede así en cada especie de planta.

No puedo negar, que hay mucha diferencia entre la elevacion del líquido à cierta altura en el tubo de vidrio, y la del jugo de un árbol grande, como una encina, &c, hasta lo mas alto de la copa: y así es muy creíble, que estos dos efectos no tenga una misma sola causa. Por lo tanto, no he indicado esta comparacion como una explicacion completa. Los canales del jugo no son unos simples tubos; están organizados; y quizás por esto su oficio de tubos capilares produce efectos, que no produxera sin la organizacion: un leño muerto puesto de pie no vejeta; no es porque le falten los canales por donde sube el jugo, sino porque la organizacion está deshecha.

Examinando en la Leccion sexta el modo con que los vapores, y exhalaciones suben, y se sostienen en la atmosphaera; dixe, que esta massa de ayre, que cubre la superficie de nuestro globo, era como una especie de esponja grande, que recibe en sus poros las partes exhaladas, que pertenecen à la tierra. Veamos ahora los fundamentos que pueden dàr alguna probabilidad à esta opinion.

Primero: El ayre es compresible: es indubitable. Qualquier figura que se le dè à sus partes, hemos de convenir en que nunca están tan cerradas entre sí como pudieran, y que hay algunos interválos, que se van siguiendo, y tocan-

cando, por decirlo así, unos à otros, formando finalmente canales sinuosos, mas, ò menos capilares en un tiempo que en otro, segun la actual densidad del ayre, y que pueden llenarse de qualquier otra materia.

Segundo: Los vapores, y exhalaciones desprendidos de la massa con quien componian un todo, están ya en estado de fluidèz; por lo que, como qualquier otro líquido, son capaces de todos los efectos propios de los tubos capilares.

Tercero: Así como los líquidos se levantan mas, ò menos, segun el estado actual de los tubos capilares; esto es, segun el tamaño de su diametro, y la analogia de su propria materia con la materia que levantan; del mismo modo puede mirarse como indubitable, que los vapores suben mas, ò menos, segun la disposicion de la atmosphaera.

Aqui se ofrece una dificultad no pequeña. Por la tercera Experiencia (*fig. 14.*) consta, que el líquido se levanta tanto mas, quanto es mas estrecho el tubo. Ahora bien: los poros del ayre están mas cerrados el Invierno, que el Verano: Luego segun la hypothesis, se levantaràn los vapores el Invierno mas que en Verano: y esto no es verosimil.

Que se levanten más, no lo creo; pero sin dificultad concederè, que suban à la misma altura con poca diferencia. Y si no, que pruebas tenemos de lo contrario? Ordinariamente está

el

el barometro un poco mas alto el Invierno que el Verano: con que alguna cosa es necesario para conservar, y aun para aumentar el peso de la atmosphaera. Acafo la densidad del ayre, aumentada en las estaciones frias, podrá recompenfar por si sola la diminucion de los vapores? Aunque se quisiera, no se puede deducir tal consecuencia; si se repara, que aun quando hay helada, son abundantissimas las evaporaciones: y afsi, si lo que se evapora, se halla con estrechez en el ayre, havrà de buscar sitio mas alto. Fuera de que, casi todos admiten, que el tèmple de la atmosphaera no varia tanto, ni con mucho en la region media, en que se levantan los vapores, como acà abaxo en la superficie de la tierra: y afsi la porosidad del ayre es la misma con poca diferencia en dicha region, en todo tiempo. Por la experiencia de Mr. Jurin (*fig. 15.*) nos consta, que la elevacion de los líquidos en los tubos no depende de todo el ancho de ellos; sino unicamente del ancho en que termina la columna; y afsi, aunque acà abaxo varie mucho la densidad del ayre, no varia tanto la de la region media, como puede suponerse con todos los Phisicos. Con que la consecuencia que se infiere de mi hypothesis, no se ha de mirar como absurdo digno de desprecio.

Quarto: Afsi como un tubo capilar, que sostiene à una columna de líquido, ò como una esponja, quando està bien llena de agua, no

chu-

chupan mas ; del mismo modo , quando el ayre està demasadamente cargado , no levanta mas vapores. El agua , y generalmente todos los cuerpos se evaporan mucho menos en tiempo humedo , y quando hace calma , que quando corre un viento seco. Porque en tiempo humedo el ayre es una esponja empapada ; en tiempo seco es una esponja vacia , que continuamente se està llenando sobre las mismas superficies.

Quinto : Todos los Phisicos convienen, en que el caer los vapores en forma de lluvia, depende de algun grado de frio , que condensa aquella parte de la atmosphaera en que reynan , y que reuniendo las particulas de agua , se hacen gotas tan pesadas que no pueda sostenerlas un igual volumen de ayre. Esta explicacion es muy natural, y de ningun modo destruye la idèa que tengo formada de la atmosphaera : el ayre quando se condensa , es una esponja que se comprime ; y esta compresion la atribuyo yo no solo al grado de frio , que puede ser la causa ordinaria, sino tambien à los vientos que reunen las nubes , esto es, aquella parte del ayre mas cargada de agua ; y efectivamente la lluvia (sobre todo quando hay tempestad) cae por lo comun à fuertes rociadas , como quando se exprime un cuerpo esponjoso lleno de agua.

Sexto : Hay algunas lluvias, que vienen de golpe en tiempo de calma , y de calor , de tal

fuerte, que es difícil conciliarlas con las causas, que acabamos de exponer. A mí me parece que se explican harto bien en mi hypothesis. Si un tubo capilar, que levanta el agua à dos pulgadas en virtud de un diametro de un quarto de linea, llegasse à ensancharse otro tanto v. gr. el agua no quedaria à la misma altura. Una esponja en que haya algunas gotas de agua, las dexará salir, si por algun acaso llega à dilatarse mas de lo que lleva su estado natural. Supongamos, pues, que un rayo del Sol, directo, ù reflexo llegue à calentar, y rarificar una parte de la atmosphaera cargada de vapores en abundancia: estas moléculas dexadas llevar de su proprio peso, iràn cayendo, y se uniràn en forma de lluvia. Aun la experiencia parece que confirma esta explicacion; porque quando se empieza à rarificar en una maquina pneumatica el ayre contenido en el recipiente, se dexa ver una especie de vapor que cae en la platina en forma de lluvia. (*)

Atribuyendo à la atmosphaera las propiedades de los tubos capilares, parece poner entredicho à qualquier explicacion de estos phenomenos, fundada en la presion de un fluido ambiente: siendo esto no obstante como el principio de donde han de salir las luces que han de aclarar materia tan obscura; porque si la massa del

(*) *Mem. de l'Acad. des Scienc.* 1740. pag. 243.

del ayre se exercita como los tubos capilares, yà no hay que recurrir à su presión, para dár razon de estos efectos.

Esta consideracion no ha de impedirnos el recibir una opinion bien probada. Las muchas, y repetidas experiencias, que varios Phycicos han hecho en el vacuo, les han obligado à confessar de comun consentimiento, que el ayre grossero de la atmosphaera no tiene parte alguna en estos phenomenos; pero ésto no impide que haya otro fluido mas sutil, que tenga à parte sus funciones, y à quien se le puedan atribuir estos efectos.

ARTICULO SEGUNDO.

DE LAS CAUSAS DE LA *fluidèz, y dureza de los cuerpos.*

Quando definimos los fluidos en la Leccion passada, nos los figuramos como un conjunto de corpusculos, bastante-mente mobibles entre si, para separarse al menor golpe. Varios Phycicos no se contentan con esta grande movilidad de las partes de los fluidos, y líquidos; y quieren con muy buenas razones, que no solo estèn dispuestas à moverse, sino que efectivamente se muevan. Los mas juiciosos sobre este pretendido movimien-

to, solo lo admiten en quanto lo juzgan necesario para la explicacion de ciertos phenomenos, de que à su parecer no saldrian facilmente sin esta suposicion. A este movimiento interno de los líquidos conceden todas las direcciones posibles, y al mismo tiempo le dãn tan poca extension, que no llega à separar sensiblemente las partes. En estos limites se contiene la mayor parte de los que tienen mas familiaridad con las experiencias que con los systémas. En este supuesto, esta especie de agitacion actual de los fluidos casi no difiere de la que conserva el calor natural en los sólidos; y siendo este movimiento la causa inmediata de varios efectos propios de los líquidos, creerè sin dificultad, que solo lo serà en fuerza de la grande movilidad de las partes que anima. Me explicarè con un exemplo. Mas facilmente se deshace una massa de tierra en el agua (aun quando ésta estuviesse yà para elarse) que no en la nieve, que solo tiene el frío necesario para no derretirse. Pregunto ahora: esta diferencia proviene de un exceso de movimiento en las partes del agua como líquido? No provendrá mas bien de la poquísima movilidad de las de la nieve? Mientras el agua permanece en el estado de líquido, el grado de calor que hay en ella, pertenece à las partes libres, y que por esta especie de independencia recíproca, siguen sus determinaciones particulares, y penetran los poros del cuerpo

po

po dissoluble. No sucede así con la nieve, cuyas moléculas están trabadas en forma de pedacitos de yelo, y dirigidas ácia los poros que están abiertos; pero para entrar, les sería necesario dividirse en volúmenes proporcionados á las aberturas: con que si el movimiento que se les supone, no llega á causar, y conservar esta division, no puede tener el mismo efecto que en el agua. Toda la diferencia proviene, como queda visto, de la falta de movilidad suficiente en las partes.

De buena gana me persuado á que los líquidos no tienen en sí mismos un movimiento particular que los constituya tales; sino que al contrario son tales, solo porque sus partes son muy mobibles. El objeto, pues, de este Artículo consiste en dár á conocer, del mejor modo que se pueda, el principio de donde puede provenir esta movilidad: y siendo el estado de la dureza opuesto al de la liquidèz, por las causas del uno vendremos en conocimiento de las del otro. Veamos primero la razon por que unos cuerpos son duros, otros lo son menos, y otros finalmente no lo son sensiblemente. En esta division se contienen todos los diversos grados de consistencia que convienen á la materia, *dureza*, *blandura*, *fluidèz*, *liquidèz*.

No hablamos aqui de dureza perfecta, como lo sería la de los átomos, la de las partes infecables, y elementares, &c. Al presente so-

lo tratamos de aquella coherencia constitutiva de una massa sólida, opuesta à la separacion, pero no obstante capaz de ceder à una fuerza finita; como la de la madera, de la piedra, del metal, &c.

Quizàs pudiera dár una explicacion directa, y adecuada de los phenomenos de que se trata, si los cuerpos solo fueran duros en lo exterior; si las partes constitutivas de su solidèz fueran bastantemente grandes para dexar ver sus figuras, y la próporcion que tienen entre sís y finalmente si todas las cosas materiales se ofreciesen à nuestros sentidos. Pero los cuerpos son tan sólidos en lo interior, como en lo exterior, y sus mas sutiles moléculas no lo son menos que la massa total. Y así la causa de esta coherencia se exercita en sugetos que no alcanzamos à ver, y en algunos sitios donde no podèmos seguirla. Solo, pues, se puede hacer juicio de ella por analogia, y por conjetura. Y aunque este camino no es en la realidad el mas seguro, no obstante es licito ir por èl, quando no hay otro mejor; y andando en èl con precaucion, quizàs nos descubrirà mejores sendas.

PROPOSICION.

Muchos cuerpos pueden unirse entre sí en virtud de la presion de un fluido que los cubra, ò rodeè por todas partes.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA pieza *A*, (*fig.* 18.) es un pedazo cylindrico de corcho, cuya base està abrazada con una virola, y una chapa de metal delgada, y muy derecha; de modo, que el conjunto pesa menos que un igual volumen de agua. *B*, es una pieza toda de metal con la misma figura que la primera. Uno, y otro plano se untan de aceyte de olivas; y aplicados exactamente uno à otro, se colocan en la posicion *a*, *b*, en el fondo de un vaso grande lleno de agua.

EFECTOS.

Aunque la pieza *a* sea mas ligera que un igual volumen de agua, y aunque esta ligereza respectiva tire à separarla de la pieza *b* detenida al fondo del vaso por su mayor peso, no obstante se queda constantemente unida con ella.

EXPLICACION.

Este efecto nace de que la columna de agua que descansa perpendicularmente sobre la pieza *a*, no halla contrapeso en ninguna otra columna que se exercite por debaxo, à causa de la
unión

union estrecha de las dos superficies. La verdad de esta razon se prueba, si en vez de untar de aceyte las superficies, se mojan con agua para repetir la experiencia; porque entonces la massa de agua superior las desune, introduciendose por enmedio, por no hallar otra materia heterogenea, y crassa, que se lo impida, como lo era el aceyte.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

C D, (*fig. 19.*) son dos pedazos de marmol bien bruñidos, ò dos pedazos de espejo muy espesos, engastados con betun en dos caxas de metal. En el cerco de la caxa C hay quatro cañoncitos à igual distancia uno de otro, en que éntran quatro tarugos de madera, que puedan quedar mas altos que el plano, quando sea necessario.

EFFECTOS.

Primero: Mojados los dos marmoles, y unidos uno à otro, refregandolos para que se apliquen mas exactamente, y arrojarse del este modo las particulas de ayre que pudiera haver enmedio, se sepáran facilmente, si la fuerza se dirige paralelamente à los planos.

Segundo : Si juntos los planos , se meten los tarugos para que no resbalen , y se tira perpendicularmente à las superficies , es necesaria una fuerza muy grande para separarlos.

EXPLICACION.

Esta experiencia , harto antigua , era en otro tiempo una de las pruebas , en que se fundaba el horror del vacuo. Pero conocido el abuso de estos terminos , que nada significan , se le dà una explicacion mecanica , con la presion del ayre que rodèa los dos cuerpos unidos entre sî. Se sabe que los fluidos exercitan su gravedad en todas direcciones. Esta fuerza tendrà su efecto , siempre que no haya alguna accion , ò potencia contraria que le contrapesè. Los dos cuerpos unidos no pueden tirar à un lado , ni à otro , por estàr igualmente oprimidos por todas partes. Cada uno de ellos se halla sin embargo impelido contra el otro : y havrà de quedarè unido con èl , por no haver entre los dos ninguna reaccion que se oponga al peso del ayre exterior. Los niños se divierten muchas veces en levantar piedrecitas con un pedazo de cuero redondo y mojado , atado à una cuerda , y unido à la piedra. La razon es la misma. Un quita-sol estendido , y puesto boca abaxo contra un terreno llano hace una resistencia harto sensible , quando se quiere levantar de golpe. Cor-

re mucho peligro de romperse un espejo , si se quiere levantar con una direccion perpendicular al plano , en que està puesto.

No havria què oponer à esta explicacion , si los dos marmoles unidos en el ayre , se separasen por si mismos en el vacuo , como comunmente se dice. Pero confieso , que procediendo con exactitud , y evitando todos los movimientos externos , que puedan ayudar à la separacion , subsiste por lo comun la union , despues de rarificar el ayre , quanto es posible , en la mas exacta maquina pneumatica. Ordinariamente disminuye algo la adherencia de los marmoles , pero no cessa del todo ; y el grado de fuerza que le queda (y que he procurado calcular con algun peso) depende à mi parecer de la naturaleza de los planos , de sus dimensiones , y de la materia que se interpone para unirlos. (Vease la *fig.* 20.)

Este efecto merece tanto mas atencion , quanto no solo tiene cabida en los sólidos , sino tambien en los líquidos. Mr. Hughens notò el primero , (*) que el agua permanecia en el vacuo mas arriba del nivèl ; y que lo que excedia , no se podia atribuir à la corta cantidad de ayre que necessariamente dexa en el recipiente una buena maquina. Lo mismo advirtió despues Boy-

(*) *Recueil de l'Academ. des Scienc. tom. X. pag. 529.*

Boyle; y aun llegó con su experiencia à sostener setenta y cinco pulgadas de mercurio en el tubo de Toricelli: esto es, quarenta y siete pulgadas mas de lo que puede sostener el peso de la atmosphaera. Notese una circunstancia muy essencial; y es, que los líquidos solo quedan suspensos de este modo, quando tocan inmediatamente la parte superior del vaso que los contiene; porque el menor vaciólo, ù la mas minima particula de ayre impedirà indefectiblemente el efecto. De suerte, que no puede darse una columna de mercurio de setenta y cinco pulgadas mas alta que su nivèl en un tubo que exceda esta medida.

Buscando Mr. Hughens una explicacion à esta especie de phenomenos, esto es, à la adherencia de los dos marmoles, y à la suspension de los líquidos en el vacuo, supone, que además del ayre crasso, que rodèa todos los cuerpos, y que exercita su gravedad sobre sus superficies, hay otro mas sutil, que passa por donde aquel no puede, y à quien dàn passò libre los mismos poros del vidrio. A la pression, pues, de este fluido, dice, que se ha de atribuir una infinidad de efectos, que continuamente tenèmos à la vista, y que no pueden explicarse por la accion de este ayre mas conocido, cuya ausencia, ù extrema rarefaccion se llama impropriamente *vacuo*.

Muy pocos Physicos hay hoy dia que nie-

guen la existencia de dicho fluido sutil: y lo mas digno de admiracion es, que en el corto numero de los que obstinados la niegan, hay algunos, à quienes no se le puede negar la inclinacion natural à las observaciones, y el mucho uso en las experiencias; pues en tal caso no puede creerse que ignoren los efectos, que pueden citarse à favor de esta opinion. Aun Newton, que es el Philosopho mas moderno con mayor inclinacion al vacuo, reconoce (*) *un medio mucho mas sutil que el ayre, el qual medio (dice) queda en el vacuo, aun quando se ha sacado el ayre.* Por el uso que hace de èl; por la extension que le dà; y por las funciones que le atribuye, se vè la mucha parte que creìa tener esta materia en las operaciones mas ocultas de la naturaleza. Mr. Jurin (mas exacto Newtoniano que la mayor parte de los que admiten la virtud atractiva) no tiene la menor dificultad en admitir este ayre sutil, quando la atraccion no alcanza, como queda visto: y para evitar el trabajo de probar su existencia, se refiere à las citas que acabamos de poner.

Serìa superfluo detenerse à probar que este medio resistente es digno de que lo admita todo Phisico, que solo reconoce causas mecanicas; si aun lo reconocen aquellos mismos que con mas motivo impugnan el systema del lleno.

Baste

(*) *Opt. lib. 3. quest. 18. & seq.*

Baste decir, que la regla que se ha observado con mas generalidad, despues de Descartes, ha sido buscar modo de explicar con el choque, ò el impulso de los fluidos invisibles, todo lo que no puede explicarse con la accion del ayre sensible, ò de los otros cuerpos, cuyas operaciones se tienen à la vista à cada passo.

Lo que ordinariamente desagrada à los que toman otro partido, es la fecundidad de los efectos, y el gran numero de propiedades, que en la explicacion de los phenomenos se atribuyen à una materia, cuya existencia tiene mucho de hypothesis.

Es verdad que algunos Philosophos han soltado las riendas à su imaginacion para explicar las diversas funciones de estos fluidos sutiles; pero aun quando Descartes se huviesse engañado en el numero; aun quando fuesen mas, ò menos de tres las especies de funciones; aun quando los movimientos particulares de sus partes se distinguiesen de los pequeños vortices de Mallebranchio, defendidos por el Abbate de Molieres (*); en una palabra, aun quando pudiesse mirarse como systèmas al ayre quanto se ha dicho del modo de ser, y obrar de esta materia, que puede hallarse donde no hallan entrada los otros fluidos, se seguirìa acaso que su existencia fuesse dudosa? Todos convienen hoy
dia,

(*) *Lec. de Physiq. expliq. au Coll. Royal.*

dia, en que hay una materia que nos alumbra, y que nos sirve para ver los objetos. Tendrà alguno derecho de dudar de ella, porque hay varias opiniones sobre la naturaleza de sus partes, y sobre su propagacion?

Pero contengamos la imaginacion, como conviene, en una Obra, en que solo han de servir los hechos à la instruccion. Podèmos admitir con casi todos los Physicos el ayre sutil, sin atribuirle mas de aquello, que parecieren indicar los phenomenos de un modo claro, y distinto; y sin suponerle mas de lo que nos permita la mas simple, y consiguiente analogia.

En el vacuo de Boyle hace sus efectos el ayre sutil: luego penetra por los poros del vidrio: y del mismo modo se puede creer que penetra todos los cuerpos sólidos.

Dirà alguno: esta primera propiedad lo dexa incapaz de producir los efectos que se le atribuyen; porque cómo podrá contener un marmol contra otro, si puede passar libremente por entre dos cuerpos? cómo podrá sostener el agua, ò el mercurio, si puede penetrar por lo alto del tubo en que estos líquidos se contienen?

La objecion sin duda es eficaz; pero se responde à ella de un modo que satisface, diciendo, que no todo el ayre sutil, que se aplica contra la superficie de un cuerpo, éntra en los
va-

vacíos, que halla; que lo restante se exercita contra las partes sólidas que le impiden el paso, siendo otros tantos puntos en que estriva. Lo mas que puede inferirse, es, que los cuerpos mas porosos son los que menos sienten la accion de dicho fluido, y que por consiguiente la adhesion no será tan grande: esto es conforme à la experiencia. Yo tenia preparadas dos planchas de metal para unirla una con otra, como havia hecho con los marmoles: hice muchos agujeros en una de ellas, y en varias ocasiones, y notè, que disminuía la cohesion à proporcion que se iba interrumpiendo mas, y mas la trabazon de la superficie.

Si preguntáre alguno, cómo puede el ayre sutil sostener en el vacuo à un líquido mas arriba de su nivèl, no obstante la porosidad del vidrio que le dà passo por lo alto del tubo; respondo, que la accion del fluido contra la superficie del vaso AB, (*fig. 21.*) es del todo libre; pero que en la parte superior se halla interrumpida por las partes sólidas del vidrio: de aqui resulta el exceso en la presión sobre la superficie de abaxo.

Es verdad, que las columnas intermedias *e, f*, que corresponden à cada uno de los poros del vidrio, están sujetas à la accion del fluido; y hallandose así entre dos presiones casi iguales, su propio peso tira à dexarlas caer. Pero se hallan contenidas por la frotacion, y ad-

adherencia de las columnas inmediatas, que las comprimen, del mismo modo que están éstas comprimidas por el ayre sutil; porque éste en fuerza de su fluidèz, pesa en todas direcciones; y el tubo es tan poroso en la parte convexa, como en el resto de su dimension.

APLICACIONES.

La explicacion que se acaba de dár, de la adherencia de los dos marmoles, y de la suspensión de los líquidos en el vacuo de Boyle, nos indican de un modo verisimil las causas inmediatas de la dureza, y fluidèz de los cuerpos. Haviendo un ayre sutil que los penetre, y exercite su accion no menos en lo exterior, que en lo interior; si ésta óbra en las partes sólidas, tan delgadas, y poco extensas como las de los líquidos, se podrá creer sin dificultad, que este mismo fluido contiene unidas entre sí las partes juntas baxo un mismo volumen; y que la adherencia será mayor, ò menor, segun la figura de las partes que se tocan, segun el tamaño de sus superficies, segun lo mas, ò menos fino del contacto, &c.

Se ha de suponer, que si huviesse una materia, cuyas partes mas simples estuviessen cortadas de modo que pudiesen juntarse inmediatamente, sin dexar entre sí algun interválo; entonces toda la presión del ayre sutil se exerci-

taria en las partes exteriores del conjunto. Para defunirlas sería necesario emplear una fuerza superior al peso de dicho fluido ambiente. Y quien sabe el valor de esta fuerza?

Este conjunto sin duda es ente de razon. Todos los cuerpos son porosos: la diferencia está en que unos lo son mas que otros. Las partes de que se componen no se juntan del todo; y los vacíos que quedan, están llenos de aquellos fluidos, en que se formaron los tales cuerpos. Qué razon hay para que absolutamente queden vacíos? No están siempre humedas las concreciones, que se forman en el agua? No vemos que à cada passo sale una gran cantidad de ayre de toda especie de materias, luego que páran las causas que lo detenian en ellas? Con que en todo cuerpo hay ayre sutil, y havrà tanto más, quanto fuere mas proporcionada la porosidad del cuerpo à la sutileza de este fluido. Porque podrá suceder, que un cuerpo mas compacto contenga tanto ayre, ò mas que otro mas poroso, si éste admite en compañía del fluido algun otro cuerpo mas crasso, como el ayre, ò humedad de la atmosfera.

Mientras mas ayre sutil hay en lo interior de un cuerpo, tanto menos duro es el tal cuerpo; porque entonces las partes sólidas de que se compone, se tocan por una menor superficie, y la presión exterior está mas sostenida por la que el fluido introduce en lo interior. La cera, v.

gr. se ablanda sensiblemente, porque el ayre sutil, que la penetra, dilatado con el calor, dilata tambien los espacios que ocupa. Y no pudiendo aumentarse estos espacios, sino por la separacion de las partes sólidas inmediatas; será mas raro el contacto de éstas, su union menos exacta, y menos fuerte su adherencia.

Dilatandose los poros, no solo se aumenta la presion del ayre sutil en lo interior de los cuerpos, ofreciendole una base mas ancha; sino que tambien se abre comunicacion de un intervalo à otro. Está un poro solo entre partes sólidas, se abre, y dexa entrada libre al fluido, que las separa: de aqui nacen las divisiones, y subdivisiones, que dàn à la massa total varios grados de blandura, hasta que finalmente, divididas las partes, quanto permite el estado actual del fluido, y no tocandose casi nada, quedan dispuestas à moverse con una independenciam reciproca; y esto se llama *ser fluido*.

Pero afsi como no todos los cuerpos son igualmente porosos, ni sus partes tienen la misma figura, y son infinitos los modos con que se tocan, y disponen; afsi tambien no puede haver el mismo grado de dureza en todos ellos, ni puede perderse con la misma facilidad. Para que el agua no se mantenga elada basta el calor ordinario de nuestros climas; pero se necesita mayor para derretir la cera, y mucho mas para fundir los metales.

Quando los cuerpos han llegado yà al estado de líquidos , conservan su dureza natural sus moléculas , ó partes integrantes ; porque se hallan comprimidas por todos lados , y en sí mismas no tienen nada que se oponga à la presión del fluido ambiente.

No por esto quiero decir , que absolutamente sean indivisibles , ni inflexibles. Los elementos , que las componen , pueden quizás resbalarse paralelamente à sus planos (como los dos marmoles bruñidos) mudar de figura , y aun llegar à separarse.

Lo que acabo de decir tocante à las partes , será quizás una objecion contra la dureza total del volumen ; porque si muchas hojas de una , ó varias materias , se separan facilmente , tirando de ellas con una direccion paralela al plano ; parece que la presión del ayre sutil solo serviría , para que el volumen fuessè duro en un solo sentido , y respecto de una fuerza dirigida perpendicularmente al plano del contacto.

La objecion tendria toda su eficacia , si solo tratásemos de un cuerpo , que no tuviesse mas que dos , ó tres partes , y éstas estuviessen puestas paralelamente una contra otra ; mas esta suposicion no puede admitirse aun en los mas diminutos volúmenes de materia. Al contrario, cuántas partes se le atribuyen à aquellas pequeñas porciones de materia , que ni el arte , ni aun la misma naturaleza divide mas? Cuántas diferentes

posiciones se puede creer que tienen? Pongamos un exemplo en el conjunto grossero representado en la *fig. 22*. No hay duda que la pieza *a* resbalaria facilmente, segun la direccion *a d*, si solo dependiesse de las otras dos piezas *b*, *e*; pero siendo este movimiento perpendicular à las superficies de *f*, y de *c*, es preciso, para separarla, vencer la presion que la sujeta. Del mismo modo podria la pieza *g* moverse facilmente ácia *a*, si no se opusiesse à ello su adherencia en *b*. Por aqui puede hacerse juicio de lo que sucede en la composicion natural de los cuerpos, en quienes el gran numero de partes, y las diferentes posiciones que toman, producen la dureza por todas partes, y en todas direcciones.

De esta respuesta nace otra dificultad. Si los cuerpos, podrá decir alguno, solo son duros por todos lados, por estàr compuestos de un gran numero de partes dispuestas diferentemente; se seguirá, que la dureza en toda direccion, disminuye à proporcion, que se dividen los cuerpos; y que mas facilmente se divide una massa pequeña, que una grande. Esto se opone à las ideas, que tenemos de la divisibilidad de los cuerpos; tanto mas dificil de entender, quanto mas profundizamos en ella.

Respondo lo primero: Aqui no hablamos del mayor numero de partes: basta un numero suficiente, dispuestas de modo, que alguna de sus superficies se halle aplicada perpendicular-

men-

mente à la direccion de una fuerza exterior, que tire à desunirlas. Nadie podrá citar alguna division practicada, ò practicable, que se oponga à esta suposicion: la idèa que tenemos, y que en la Phÿsica debe tenerse del numero prodigioso de partes, que se contienen en el mas diminuto volumen de materia, que se pueda sujetar à la experiencia, nos ha de defender de quanto se opusiere en contra de lo dicho.

Lo segundo: Aun quando fuèsse verdad, que los cuerpos infinitamente pequeños se compusiesen de partes mas dispuestas à la division, yà por presentar menos superficie à la presión exterior, que las contiene; yà porque una disposicion mas simple les permita separarse una de otra; cómo pudieramos saberlo? Por la dificultad que cuesta dividir un cuerpo, hacemos juicio de su dureza; y conforme nos vãn faltando los medios para la division (aunque ésta fuera facil en sî misma; esto es, de parte del cuerpo divisible) vámos tambien mudando de juicio; pareciendonos el cuerpo tanto mas duro, quanto menos efecto tienen nuestras fuerzas. Dos marmoles se separan facilmente, haciendo resbalar al uno sobre el otro; y esta facilidad no nace de que estos dos cuerpos à proporcion tengan menos adherencia entre sî, que otros muy pequeños unidos de la misma fuerte. Al contrario parece, que ha de nacer de la dificultad, que hay en aplicar las fuerzas necessarias para separarlos.

Y afsi podrá fuceder , que la dureza de aquellos cuerpos, (que miramos como actualmente indivisibles) fea igual , y quizàs inferior à la de una mayor massa de la misma materia ; aunque refpecto de nosotros fea excessiva , por no conocer algun agente , que pueda hacerle mella.

Los dos estados opuestos ; efto es, la solidèz, y la fluidèz , dependen de la misma causa. Esta es el ayre sutil : el qual fixa las partes de una materia , quando su presión exterior excede à su misma reaccion interior. El mismo fluido causa, y conserva la movilidad de las partes, introduciendose en ellas en cantidad fuficiente. Por effo, fin duda mudan de tamaño todas aquellas materias , que paffan de un estado à otro ; porque es muy natural , que un cuerpo sólido , que paffa à fer fluido por la introduccion de una materia extraña , que lo penetra , y que solo vuelve à su primera confistencia , quando dexa de dilatarlo la dicha materia ; es muy natural , vuelvo à decir , que ocupe mas espacio estando líquido, que quando estaba sólido.

Afsi fucedede ordinariamente ; y en tratando del fuego , se pondrán varios exemplos muy curiosos. La regla general es la dicha ; no obstante tiene algunas excepciones dignas de notarse , de que hablarèmos en otra parte.

Algunas materias , que reciben su liquidèz del ayre sutil , la comunican por si mismas à otros cuerpos sólidos. El agua v. gr. ablanda la

tier-

tierra , y la convierte en lodo : defune las partes de la fal , del azucar , &c. El espiritu de vino , y los aceytes disuelven las gomas , y betunes : el mercurio se amalgama con el plomo , con el estaño , con el oro , y la plata ; pero no siendo la fluidèz mas que un *modo de ser* ; si la causa cesa , evaporandose el dissolvente , vuelve por lo ordinario el nuevo fluido à su antigua consistencia.

Las Artes se han aprovechado mucho de todos estos efectos : solo citarè dos exemplos.

El dorado , que llaman *de oro molido*, es ciertamente el mas hermoso , y durable de quantos estàn en uso. No es otra cosa , sino el oro muy dividido , cuyas partes quedan como embutidas en los poros del metal à que se aplican. Hace-se de esta suerte. Se echa una cierta cantidad de oro fino en un poco de mercurio ; los dos metales se unen de modo , que , comunicando el uno una parte de su fluidèz al otro , resulta de la mezcla una especie de pasta, que llaman amalgama. Esta composicion se aplica à la pieza, que se quiere dorar , y despues se evapora al fuego el mercurio , y el oro permanece fixo : de modo, que los poros del metal dilatados con el calor, se cierran enfriandose , y guardan como engastadas las partículas de oro , que alli quedan.

La goma laca , la sandarac , y otros betunes, se disuelven , y estienden en el espiritu de vino: el succino , ù ambar amarillo , y la goma copal, se

se ablandan, y derriten en el aceyte de linaza, y despues se estienden en aceyte crasso, y en espiritu de trementina. Todas aquellas dissoluciones, que llaman barniz, se aplican à la madera, ù à otras materias: y quando llega à evaporarse el dissolvente, vuelven à tomar su consistencia, y brillantèz las gomas que se havian liquidado.

Por estos exemplos se vè, que la liquidèz no immuta por si misma la naturaleza de los cuerpos. Si la coherencia es tal, que no pueda ceder sino à la accion violenta del dissolvente, sucederà tal vez, que èste le quite alguna parte de su substancia; mas esto es accidental, y no ha de mirarse como un efecto necessario de la liquidèz en general.

Hay casos, en que se vè cèssar, ò disminuir la liquidèz, sin que al parecer dexè de obrar la causa productiva. Dos líquidos, mezclados uno con otro, toman de golpe una mayor, ò menor consistencia, sin que en la mezcla se note algun grado sensible de frialdad. Este efecto se llama comunmente *coagulacion*: y puede explicarse, suponiendo, que las partes tienen tal figura, que llegan à impedirse reciprocamente, y hacen que cessè aquel grado de movilidad, en que principalmente consiste el estado del líquido. La mas bella coagulacion que yo conozco, es la que se hace con aceyte de cal, y aceyte de tartaro *per deliquium*. Revolviendo esta mezcla con una espá-

tula, se convierte en una massa blanca, à la qual puede darsele qualquier figura, y toma la consistencia de la cera. Tambien se coagula un espiritu volátil muy sutil de la orina con espiritu de vino muy purificado; la clara de huevo con espiritu de sal; la sangre con el aguardiente. Esta ultima Experiencia nos enseña à usar con cautela de los licores espirituosos; porque pueden alterar la fluidèz de la sangre.

Por muy verosimil que parezca la explicacion de la dureza, y fluidèz de los cuerpos, fundada en la accion de un fluido, que casi todos admiten, aunque con diversos nombres; no obstante, no passarè en blanco, que varios Phisicos no la quieren admitir, y le substituyen otra. „ La atraccion reciproca (dicen) de „ las particulas de materia llega à ser muy gran- „ de, quando tocan unas con otras; pero fuera „ del punto de contacto disminuye de fuerte, „ que à la menor distancia se convierte en fuer- „ za repulsiva. (*) Los cuerpos permanecen sólidos, mientras que la virtud atractiva de sus „ partes es mayor que la virtud repulsiva que les „ dà el calor ordinariamente; pero van poco à „ poco ablandandose, conforme se va aumen- „ tando la virtud repulsiva; de manera, que „ quando ésta llega à ser mayor que la atrac-

Tom. II.

Bbb

„ cion,

(*) *s' Graves. Phys. Elem. Mathem. pag. 18. edit. 1742.*

„ cion, no solo passa à ser líquido la massa,
 „ fino que muchas veces llega à convertirse en
 „ un fluido, que se evapora. (a)

Mr. s'Gravesande, y los que con èl siguen exactamente la mente de Newton, solo dàn estas leyes como phenomenos: *Hoc nomine phenomenon, non causam designamus.* (b) Confiesan sin dificultad, que esta especie de efectos puede nacer de algun impulso: *Et si fortè hoc per impulsum fiat.* (c) Y no podèmos dudar que admitan la presion del ayre sutil, y sus efectos, à lo menos como una hypothesis muy probable. Ni los Cartesianos pretenden otra cosa; y asì podèmos decir, que casi convienen con los primeros defensores de la atraccion.

Los que miran las virtudes atractivas, y repulsivas como principios, que carecen de causa physica, no quieren sin duda alguna, que las mirèmos como cosa demostrada. Solo las ponen como una suposicion fundada en probabilidades, y apariencias de verdad. Si fuera verdad que no huviesse razones mas fuertes para admitir el ayre sutil, aun tuviera que añadir alguna cosa; pero hypothesis por hypothesis, mas seguro es discurrir sobre principios mecanicos, è inteligibles, que fundarse en novedades, que no se ofrecen à la imaginacion baxo unas ideas familiares.

Fi-

(a) *Ibid.* pag. 662. (b) *Ibid.* pag. 18. (c) *Ibid.*

Finalmente, por ventura el principio de atraccion se aplica à las menudencias de los phenomenos con tanto acierto como pudiera creerse? Mucho ha perdido de su simplicidad, passando de las manos de Newton à las de sus Discipulos. En los movimientos celestes, obrando esta fuerza en razon directa de las massas, y en razon inversa del quadrado de la distancia, basta casi para todo; y ofrece muchas razones para explicar las grandes revoluciones de los Planetas. No se ha imaginado cosa mejor. Pero si se trata de los phenomenos sublunares, de aquellos efectos que vemos mas de cerca, y que podemos examinar mas facilmente, ya tenemos à la virtud atractiva convertida en un Protheo, mudando à cada instante de figura. Los riscos, y montañas no dan la menor seña de atraccion. A esto dicen: „ Que el globo terrestre, por ser „ infinitamente mayor, absorbe las pequeñas „ atracciones particulares. No obstante nos proponen, como un efecto de la virtud atractiva, la espuma que nada en una taza de café, y que corre sensiblemente à arrimarse à los bordes. „ Mientras mas se tocan las partes de un „ cuerpo, mayor es su atraccion. Y si se les pregunta, por qué acercandolas mas, y comprimiendolas, tiran despues por lo comun à recobrar su antigua posicion? (hablo de una compression igual por todas partes, de modo,

do , que nó se varíe la figura , sino solo el tamaño) responden : „ Que despues de haver-
 „ se atrahido quanto les es posible , vuelven
 „ à expelerse mutuamente. Por què los vapo-
 „ res dilatados tienen tanta fuerza? Porque
 „ las partes que exercitan su virtud atractiva,
 „ hallandose en el estado de liquidèz , exerci-
 „ tan la repulsiva , hallandose en el de vapor.
 Supuesto que la virtud atractiva es una fuer-
 za repartida en todo lo que es materia , por què
 ciertos cuerpos , como el agua , y el aceyte,
 no se unen entre sí? „ Porque hay materias,
 „ que se expelen unas à otras naturalmente,
 „ &c.

Pregunto ahora: Es este el modo de ha-
 blar de la buena Phÿsica? Mucho me temo,
 que acostumbrandonos à èl , y sirviendonos
 de la atraccion , y repulsion para todas las co-
 sas , quedèmos libres del trabajo de las ob-
 servaciones , que son tan necessarias à los ade-
 lantamientos de esta Ciencia , y se impidan
 de este modo varios descubrimientos , que
 serian el fruto de nuestras
 fatigas.

FIN DEL SEGUNO TOMO.

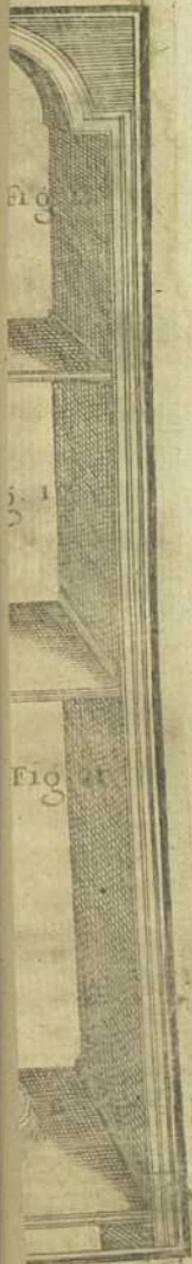


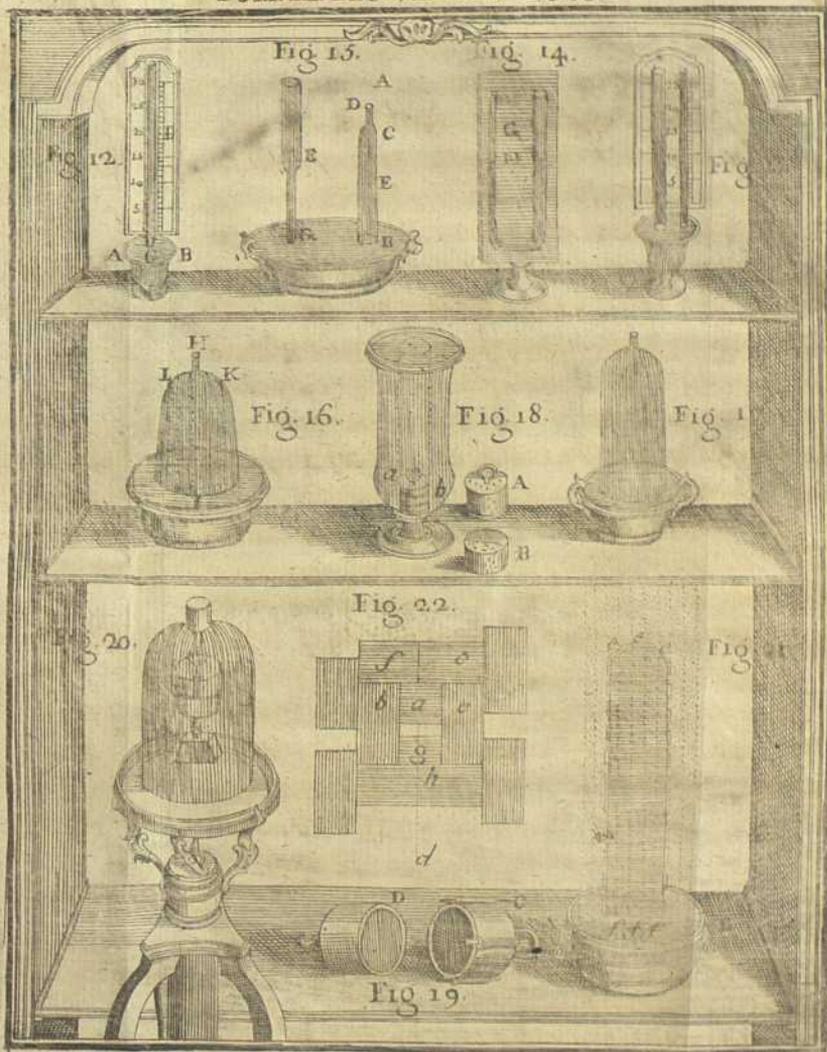
Fig. 27

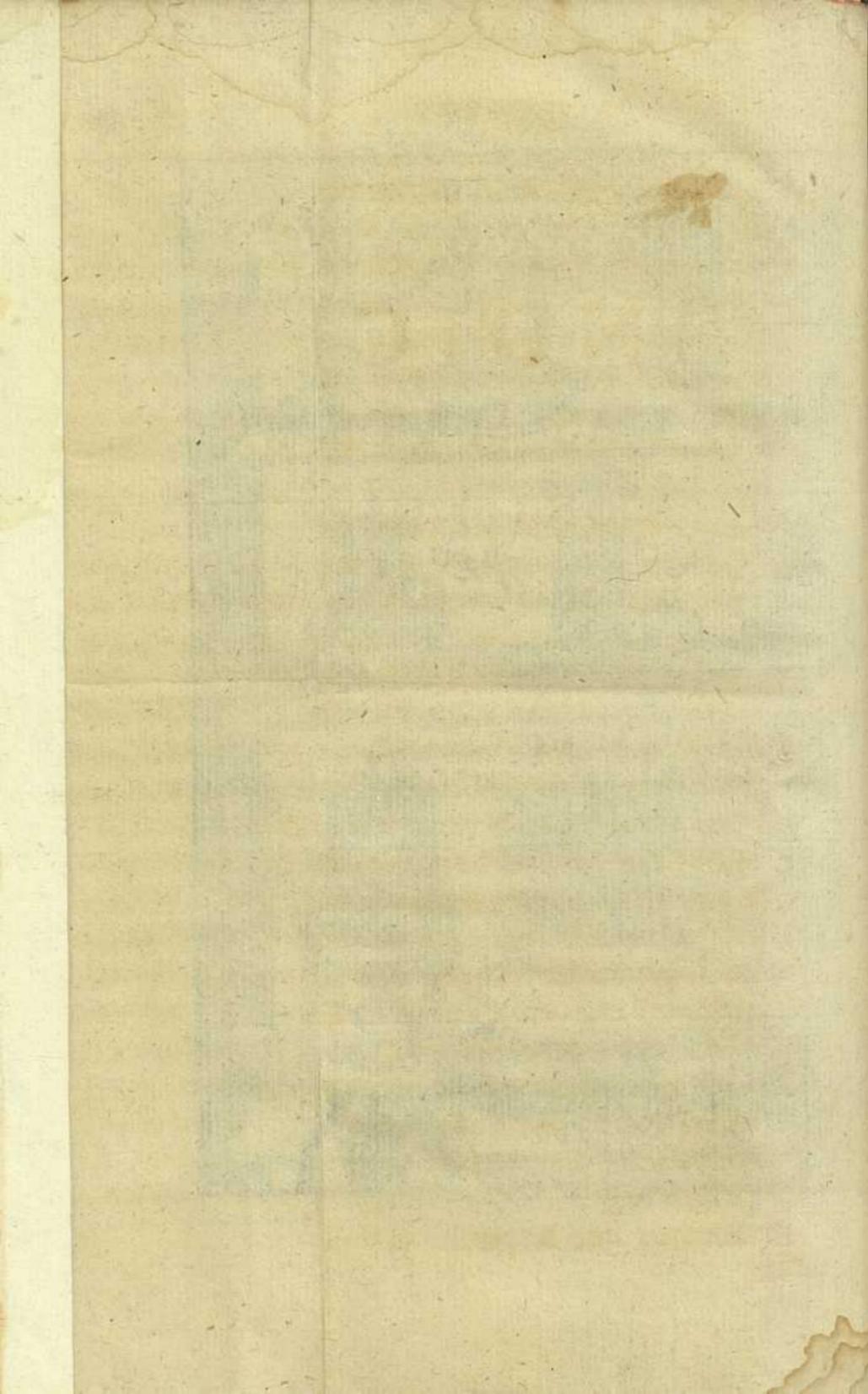
Fig. 28

Fig. 29



1751







INDICE
DE LAS MATERIAS
CONTENIDAS
EN EL SEGUNDO TOMO.
LECCION QUINTA.

*Sobre el movimiento compuesto , y sobre las
Fuerzas Centrales.*

SEC. I. Del movimiento compuesto. Pag. 1.
Ley del movimiento compuesto. Pag. 2.

I. Exp. con que se prueba , que un cuerpo tirado al mismo tiempo por dos potencias directamente opuestas, obedece à la mas fuerte, à proporcion del exceso. Pag. 8.

II. Exp. que prueba que un mobil , que obedece à dos fuerzas , que no se oponen directamente , toma una direccion média entre las dos. Pag. 11.

III. Exp. en que se prueba el mismo efecto, quan-

- quando las potencias no tienen una accion continua. Pag. 15.
- IV. Exp. para probar, que el movimiento compuesto sigue una linea curva, quando se muda la proporcion de las potencias componentes. Pag. 21.
- V. Exp. con que se confirma la proposicion precedente. Pag. 25.
- Sec. II. De las Fuerzas Centrales. Pag. 30.
- I. Exp. para probar, que del movimiento circular nace la fuerza centrífuga, y que ésta aumenta à proporcion de la velocidad. Pag. 35.
- II. Exp. en que se vè, que la fuerza centrífuga se exercita tambien en los fluidos que se mueven circularmente. Pag. 38.
- III. Exp. en que se prueba, que la fuerza centrífuga de los fluidos aumenta à proporcion de su densidad. Pag. 46.
- IV. Exp. ideada por Descartes para apoyar su hypothesis sobre la causa Physica de la gravedad. Pag. 51.
- V. Exp. que prueba, que la fuerza centrífuga es como la massa multiplicada por la velocidad del cuerpo, que circula. Pag. 65.
- VI. Exp. en que un móbil describe una linea espiral por la mudanza de proporciones de las fuerzas centrales. Pag. 75.
- VII. Exp. en que un móbil describe una Elipse, por las diferentes proporciones, que toman

entre sí las fuerzas centrípeta, y centrífuga en tiempo de su revolucion. Pag. 77.

LECCION SEXTA.

De la gravedad de los cuerpos.

Sec. I. De los phenómenos, que resultan en el móvil, quando solo obra en él la gravedad. Pag. 83.

I. Exp. en que se prueba, que no hay cuerpo alguno absolutamente ligero. Pag. 86.

II. Exp. para probar, que la gravedad es igual en todos los cuerpos. Pag. 103.

III. Exp. efecto singular del agua en el vacuo. Pag. 109.

IV. Exp. en que se prueba, que los cuerpos caen con un movimiento acelerado. Pag. 125.

V. Exp. que prueba, que en la aceleracion adquieren los graves una velocidad proporcionada à la altura de la caída. Pag. 126.

VI. Exp. para probar, que dicha aceleracion sigue la proporcion de los numeros impares 1. 3. 5. 7. &c. Pag. 128.

Sec. II. De los phenómenos, que resultan quando el movimiento se compone de la gravedad, y de qualquiera otra potencia. Pag. 138.

Art. I. De la caída de los cuerpos por un plano inclinado. Pag. 141.

- I. Exp. con que se prueba, que el tiempo de la caída por un plano inclinado es al de la caída libre, y vertical, como la longitud del plano es à su altura. Pag. 145.
- II. Exp. en que se ve, que al caer un cuerpo por qualquiera cuerda de un circulo, gasta tanto tiempo, como para caer por el diametro vertical del mismo circulo. Pag. 147.
- III. Exp. Un cuerpo grave adquiere al caer toda la fuerza necesaria para volver à subir à una altura igual à la del sitio, de donde cayó. Pag. 154.
- IV. Exp. que prueba, que hay una proporcion constante entre el tiempo de la vibracion de una péndola, y el tiempo de la caída vertical à lo largo de dicha pendola. Pag. 161.
- Art. II. Del movimiento de los cuerpos nacido de la gravedad, y de una fuerza activa, y uniforme. Pag. 172.
- V. Exp. en que se demuestra, que obra la fuerza proyectriz con la gravedad sobre un mismo móvil, le hace describir una linea Parabólica. Pag. 276.

LECCION SEPTIMA.

De la Hydrostatica.

Sec. I. De la gravedad , y equilibrio de los líquidos compuestos de partes homogéneas.

Pag. 184.

I. *Proposicion.* Los líquidos pesan, no solo quanto à su massa total, sino tambien en si mismos ; ésto es, quanto à las partes, de que se componen. *Ibid.*

I Exp. para probar la Proposicion precedente.

Pag. 186.

II. *Proposicion.* Las partes de un mismo líquido exercitan su gravedad independientemente unas de otras. Pag. 189.

II. Exp. que sirva de prueba à dicha Proposicion. Pag. 190.

III. *Proposicion.* Los líquidos exercitan su gravedad en todas direcciones. Pag. 196.

III. Exp. prueba de lo dicho. Pag. 198.

IV. Exp. que lo confirma. Pag. 200.

IV. *Proposicion.* Todas las partes de un mismo líquido están en equilibrio entre si, sea en un solo vaso, ò en muchos, que comuniquen unos con otros. Pag. 204.

V. Exp. Del Siphòn boca abaxo. Pag. 206.

VI. Exp. De los vasos de comunicacion. Pag.

207.

Tom. II.

Ccc

V.

- V. *Proposicion.* Los líquidos exercitan su presión, así perpendicular, como lateral, no à proporción de su cantidad, sino à razón de su altura sobre el plano horizontal, y de lo ancho de la base, en que estrivan. Pag. 212.
- VII. Exp. que prueba esta Proposicion. *Ibid.*
 Sec. II. De la gravedad, y equilibrio de varios líquidos de diferentes densidades. Pag. 224.
- I. *Proposicion.* La diferencia del peso, ò de la densidad de dos líquidos mezclados, basta para separarlos uno de otro, con tal, que no haya alguna causa mas fuerte, que lo impida. Pag. 225.
- I. Exp. Prueba de lo dicho. Pag. 226.
 II. Exp. Prueba lo mismo. Pag. 227.
- H. *Proposicion.* Muchos líquidos, ò fluidos de diferente naturaleza pesan unos sobre otros à proporción de su densidad, y de su altura. Pag. 232.
- III. *Proposicion.* Dos líquidos de diferente densidad están en equilibrio, si, teniendo la misma base sus alturas perpendiculares al horizonte, están en razón recíproca de sus densidades, ò gravedades específicas. *Ibid.*
- III. Exp. en que se compara una columna de azogue con otra de agua. Pag. 233.
- IV. *Proposicion.* El ayre es un fluido pesado, que

exercita su presión por todas partes , como los líquidos. Pag. 237.

IV. Exp. con el tubo de *Toricelli*. Pag. 238.

V. Exp. con el tubo de Mr. Pasqual. Historia del Barómetro , y su uso. Pag. 243. y siguientes.

VI. Exp. que prueba , que el peso del ayre es la causa del ascenso de los líquidos en los tubos , en que se ha enrarecido el ayre. Pag. 249.

VII. Exp. que muestra , que por el peso del ayre suben los líquidos tanto menos , quanto son mas densos. Pag. 251.

VIII. Exp. que prueba , que las bombas atractivas solo obran en virtud del peso de la atmósphera. Pag. 255.

IX. Exp. que muestra la presión lateral del ayre. Pag. 257.

X. Exp. que muestra la presión del ayre de abajo arriba. Pag. 260.

XI. Exp. en que se ven , y explican los efectos del Siphòn. Pag. 262.

XII. Exp. que confirma la explicacion de los Siphones , y levanta un chorro de agua mas arriba de su nivel. Pag. 264.

LECCION OCTAVA.

Profigue la misma materia.

Sec. III. De la gravedad, y equilibrio de los sólidos, dentro de los líquidos. Pag. 269.

I. *Proposicion.* Un cuerpo sólido sumergido está comprimido por todos lados por el líquido que lo rodea; y la presión, que experimental, es tanto mayor, quanto mas denso es el líquido, y quanto mas sumergido está el sólido. Pag. 271.

I. Exp. Prueba la proposicion. Pag. 272.

II. *Proposicion.* Si el cuerpo sumergido es mas pesado que el volumen del líquido, que cede el sitio, entonces su gravedad respectiva lo hará caer al fondo del vaso, como no haya impedimento. Pag. 278.

II. Exp. Pruebase lo dicho. *Ibid.*

II. Exp. Pruebase lo dicho. *Ibid.*

III. Exp. de la balanza en el vacuo. Pag. 283.

III. *Proposicion.* La cantidad de peso que pierde un cuerpo dentro de un fluido, es igual à la del volumen del tal fluido, que cede su sitio. Pag. 285.

IV. Exp. Prueba de la Proposicion. *Ibid.*

Primera consecuencia de dicha Proposicion.

Pag. 286.

V. Exp. que confirma la primera consecuencia.

Pag. 287. II.

- Segunda consecuencia. Pag. 289.
- VI. Exp. que la confirma. *Ibid.*
- Tercera consecuencia. Pag. 290.
- VII. Exp. que la confirma. Pag. 291.
- VIII. Exp. que prueba lo mismo. Pag. 292.
- IV. *Proposición*. Si el cuerpo sólido pesa menos que un igual volumen del líquido, quedará parte de él sobre el agua, y la otra parte sumergida será la medida de una cantidad de líquido que pesa tanto como el cuerpo sólido entero. Pag. 301.
- IX. Exp. Prueba de la Proposición. Pag. 302.
- Consecuencias de lo dicho. Pag. 303.
- X. Exp. efectos, y explicación del Arcómetro. Pag. 304.
- De la Balanza Hydrostática, y de sus usos. Pag. 307.
- I. Uso. Conocer la gravedad específica de un líquido. *Ibid.*
- II. Uso. Comparar las gravedades específicas de dos líquidos. Pag. 310.
- III. Uso. Comparar las gravedades específicas de dos sólidos. Pag. 311.
- IV. Uso. Comparar la gravedad específica de un cuerpo sólido con la de un líquido. Pag. 312.
- Notas sobre el Arcómetro. *Ibid.*
- Índice Alfabético de las materias más conocidas, así sólidas, como fluidas, en quienes se ha probado la gravedad específica. Pag. 317.

Apendice sobre los Tubos Capilares, y sobre las causas de la fluidèz, y solidèz de los cuerpos. Pag. 320.

Art. I. De los Tubos Capilares. *Ibid.*

I. Exp. Muestra la primer propiedad de los Tubos Capilares. Pag. 322.

II. Exp. segunda propiedad. Pag. 323.

III. Exp. tercera propiedad. Pag. 324.

IV. Exp. quarta propiedad. Pag. 325.

Art. II. De la fluidèz, y solidèz de los cuerpos. Pag. 355.

Proposicion. Muchos cuerpos pueden unirse por la presion de un fluido, que los cubra, ò rodee por todas partes. Pag. 358.

I. Exp. pruebafese la Proposicion. Pag. 359.

II. Exp. que prueba lo mismo. Pag. 360.

F I N

DEL INDICE DEL SEGUNDO TOMO.



LIBRARY
OF THE
MUSEUM OF
ART AND HISTORY
OF THE
CITY OF
NEW YORK

Aprendice sobre los Tubos Capilares, y sobre
 las causas de la fluidéz, y solidéz de los dis-
 tos. Pag. 300.

Art. I. De los Tubos Capilares. *libro*

I. Exp. Muestra la propia propiedad de los Tu-
 bos Capilares. Pag. 302.

II. Exp. Segunda propiedad. Pag. 303.

III. Exp. Tercera propiedad. Pag. 304.

IV. Exp. Cuarta propiedad. Pag. 305.

Art. II. De la fluidéz, y solidéz de los cuerpos.
 Pag. 315.

Proposición. Muchos cuerpos pueden ser fluidos,
 y ser sólidos, segun la presión de la atmosféra, que los cubra, o
 que los rodee por todas partes. Pag. 315.

I. Exp. prueba de la Proposición. Pag. 315.

II. Exp. que prueba lo contrario. Pag. 316.

F I N

DEL INDICE DEL SEGUNDO TOMO.

1772
 1773

