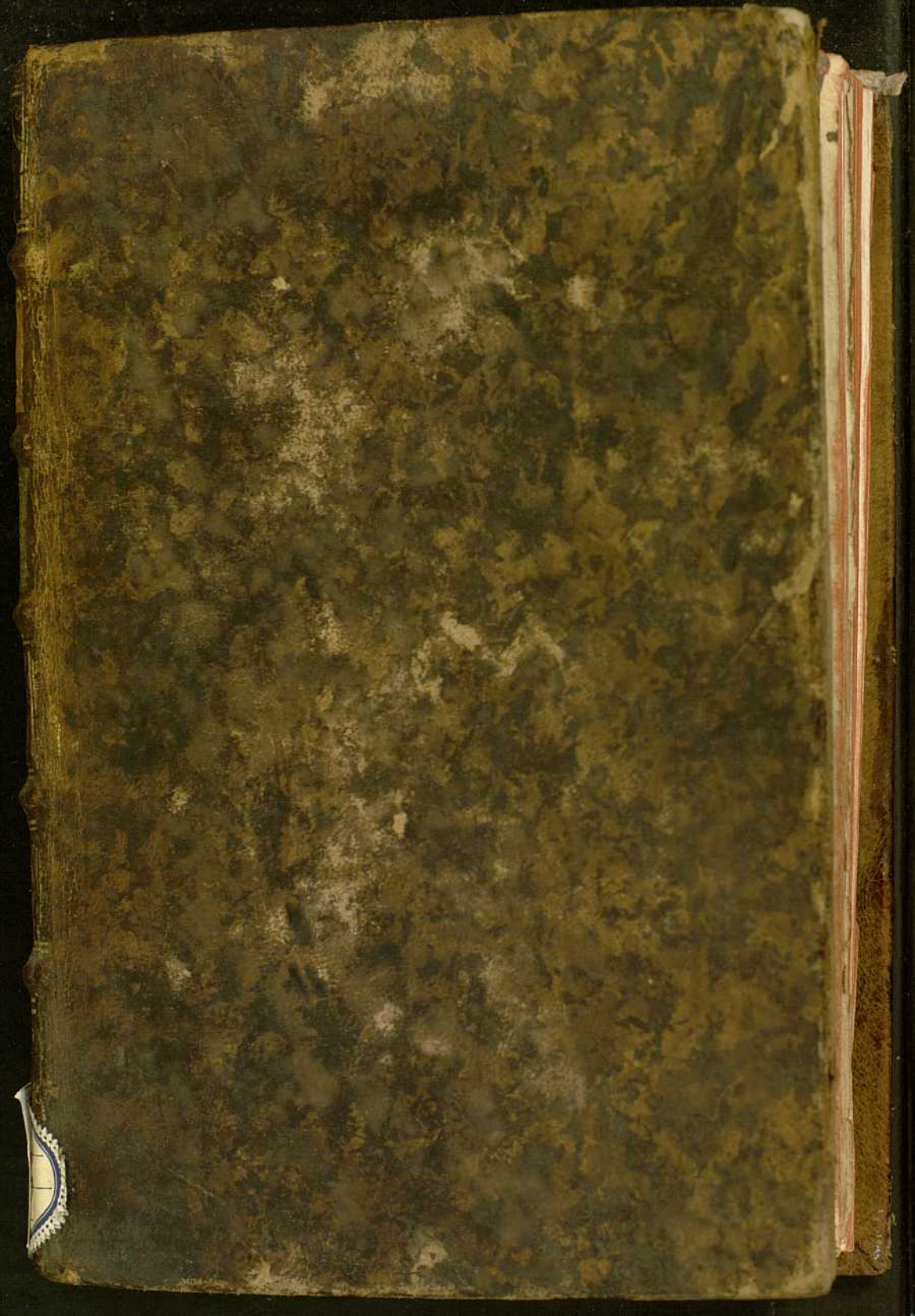


LECCIONES.

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL,

ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÈS

POR EL ABATE NOLLET, de la Academia Real de las Ciencias de Parìs, de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de Bolonia, y Maestro de Physica del Serenissimo Señor Delfin:

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL

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

DEDICADAS

AL REY NUESTRO SEÑOR

D. FERNANDO VI.

(QUE DIOS GUARDE.)

TOMO PRIMERO.

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

LECCIONES.

DE

PHYSICA EXPERIMENTAL,

ESCRITAS EN IDIOMA FRANCÈS

POR EL ABATE NOLLET,

de la Academia Real de las Ciencias de Parìs, de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de Bolonia, y Maestro de Physica del Serenissimo Señor Delfin:

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL

POR EL P. ANTONIO ZACAGNINI,

de la Compañia de Jesus, Maestro de Physica Experimental en el Real Seminario de Nobles de Madrid:

DEDICADAS

AL REY NUESTRO SEÑOR

D. FERNANDO VI.

(QUE DIOS GUARDE.)

TOMO PRIMERO.

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

LECCIONES
DE
PHYSICA EXPERIMENTAL,
ESCRITAS EN IDIOMA FRANCES
POR EL ABATE NOLLET,
de la Academia Real de las Ciencias de Paris, de la Sociedad Real de Londres, del Instituto de Bologna, Maestro de Physica del Señor Delfin.

TRADUCIDAS AL ESPAÑOL
POR EL P. ANTONIO ZARCONIL,
de la Compañia de Jesus, Maestro de Physica Experimental en el Real Seminario de Nobles de Madrid.

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

EN MADRID. En la Oficina de Joachin Ibarra, Calle de las Urcas. Año de 1757.

SEÑOR.

EL Curſo de Phyſica Experimental, que para el uſo, è inſtruccion de la Noble Juventud Eſpañola, vè hoy la luz publica en el fauſto reynado de V. M. no puede buſcar otro dueño, à quien ſe tribute, que à vueſtra Suprema, y Sagrada Perſona, de cuyo generoſo zelo dimanan todos los progreſſos,

con que ſe halla enriquecida eſta Ciencia en las Eſpañas. Entre los ſingulares deſvelos, que todas las Artes merecieron à V. M. deſde los glorioſos inſtantes, en que ſubiò al Real Trono, fueron tan grandes, y tan diſtinguidos los que quiſo diſpenſar à la Phyſica, que con verdad puede decirſe, fuè V. M. mas que Protector digniſsimo de eſta Ciencia, Inventor glorioſiſsimo de los nobles conocimientos, que ſe debieron à ſu Real benignidad, y aplicacion, para iluſtrar ſus Dominios. A nadie parecerà ponderacion eſta verdad, ſi conſidera las juſtas, y digniſsimas providencias, que tomò V. M. para el util eſtablecimiento de eſtas Artes, deſconocidas en

Eſ-

España, hasta que su Real desvelo las introduxo en ella. Què gastos no facilitò V. M. para su cultivo? Què medidas tan acertadas no se propuso para su perfeccion, y aumento? Con què demonstraciones, proprias de su Real dignacion, no honrò à sus Professores? Quàntas veces se aplicò V. M. à investigar por sì mismo las admirables, y deliciosas experiencias de la Physica? Què instrumentos no hizo traher à su Palacio para este fin? Ha! Señor, y con quànta razon pudiera introducir aqui aquel oraculo tan celebrado de Platòn, que vinculaba à la sabidurìa de los Monarcas la felicidad de las Republicas! Felices Respublicæ, si aut Philosophi

im-

imperarent, aut Imperatores philosopharentur. *Yo, que he tenido la honra de ser uno de los sugetos embiados à los Reynos estrangeros para este servicio, tan del agrado de V. M. pudiera, mas que otro, decir tanto, que mas que assunto de Dedicatoria, serìa copioso argumento de los successivos, y magnificos Anales de V. M.*

Pues què dirè de la insigne liberalidad, con que se sirviò V. M. mandar construir aquella magnifica coleccion de maquinas, que por efecto de una particularissima dignacion quiso destinar à la instruccion de su Real Seminario, y à la Leccion, y enseñanza de quantos existen en su Corte? Este argumento,

Se-

Señor, es muy ſuperior al que ſe propone mi reconocimiento en tributar à V. M. eſtos leves trabajos de mi aplicacion, y eſtudio. A ſu tiempo tendrà aquel un lugar tan diſtinguido en la hiſtoria, que paſſe mas allà de lo que yo puedo concebir. El mio ſolo ſe dirige à preſentar à V.M. las utiliſsimas verdades, que introduce en el Curſo de la Phyſica Experimental el ameno, y delicioſo campo de la naturaleza. Del plan de ſus maravillas, de la combinacion de ſus experiencias, de la variedad de ſus phenomenos, de lo myſterioſo de ſus arcanos, importantiſsimos al Eſtado, à las Ciencias, y manifacturas civiles, toma el aſſunto, en que inſiſte la mayor

par-

parte de ſus aſſertos. Y ſiendo eſte noble eſtudio la ocupacion mas amena de los Sabios, y el ſerio emplèo en que ſe ocupan las Academias de Europa, ſerà ſin duda el obſequio mas recomendable, que mi obligacion puede ofrecer al penetrante ingenio de V. M. Aſsi lo eſpero de ſu generoſa dignacion, ofreciendo mis votos al Cielo, para que proſpère la vida, y años de V. M. ſegun eſta Monarquìa pide, y neceſsita. Madrid, y Junio 8. de 1756.

SEÑOR.

IHS

Antonio Zacagnini,

de la Compañia de Jeſus.

LI-

LICENCIA DE LA ORDEN.

JOſeph de Velaſco, de la Compañia de Jeſus, Prepoſito Provincial en la Provincia de Toledo: Por particular comiſsion de N. M. R. P. General Luis Centurión, doy Licencia para que ſe imprima *el Curſo de Phyſica Experimental*, eſcrito en Francès por el Abate Nollet, dividido en ſeis Tomos, y traducido al Eſpañol por el Padre Antonio Zacagnini de nueſtra Compañia; el qual ha ſido viſto, y examinado por perſonas doctas, y graves de nueſtra Religion. En teſtimonio de lo qual dì eſta, firmada de mi nombre, y ſellada con el Sello de nueſtro Oficio. En eſte Colegio Imperial de Madrid à 28. dias del mes de Abril de 1756.

IHS

Joſeph de Velaſco.

APROBACION DEL R. P. M. Eusebio Quintana, de los Clerigos Menores, Predicador de S. M. &c.

DE orden del Señor Don Joseph Armendariz, Theniente Vicario de esta Villa de Madrid, y su Partido, he visto una Obra, cuyo titulo es: *Physica Experimental*, dividida en seis Tomos, que escribiò en Francès el Abate Nollet, de la Academia de las Ciencias de Parìs, de el Instituto de Bolonia, y Maestro del Señor Delfin; y ha traducido al Castellano el P. M. Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, y Maestro de Physica Experimental en el Real Seminario de Nobles de esta Corte: es Obra muy digna de la luz pública para instruir à los deseosos de tan importante Ciencia, que se adquiere mejor con los preceptos de la experiencia, y práctica, que con especulaciones metaphysicas; por esso, y por

no

no contener cosa contra nuestra Santa Fé, y buenas costumbres, ni contra las Reales Pragmaticas, soy de sentir, que se imprima. En este del Espiritu Santo de Clerigos Menores, Octubre 15. de 1756.

Eusebio Quintana,

de los Clerigos Menores.

LICENCIA DEL ORDINARIO.

NOS el Doctor Don Juan Varrones y de Arangoyti, del Gremio, y Claustro de la Universidad de Alcalà, Canonigo de la Santa Iglesia de Urgèl, Inquisidor Ordinario, y Vicario de esta Villa de Madrid, y su Partido, &c. Por la presente, y lo que à Nos toca dàmos Licencia para que se puedan imprimir los seis Tomos de la Obra intitulada: *Physica Experimental*, escrita en Francès por el Abate Nollet, de la Academia de las Ciencias de Parìs, y traducidos al Español por el Padre Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, atento, que de nuestra orden ha sido visto, y reconocido, y no contener cosa alguna, que se oponga à nuestra santa Fé, y buenas costumbres. Fecha en Madrid à diez y nueve de Octubre de mil setecientos cinquenta y seis.

Doctor Varrones.

Por su mandado,
Joseph de Vruñuela y Marmanillo.

APRO-

APROBACION DEL DOCTOR *Don Francisco Fernandez de Xatiba, Examinador Synodal de este Arzobispado, y Cura proprio de la Parroquial de San Juan de esta Corte.*

DE orden de V. A. he leìdo la Obra intitulada: *Lecciones de Physica Experimental*, escrita en Francès 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 Serenissimo Señor Delfin: Traducidas al Español por el Padre Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, Maestro de Physica Experimental en el Real Seminario de Nobles de Madrid; y no solo no hallo en ella cosa alguna, que sea contra nuestra santa Fé, y buenas costumbres, ni contra las Regalìas de S. M., sino que merece el Traductor mucha alabanza,

por-

porque consagra sus fatigas à Obra tan útil; y aunque pudiera muy bien darnos de su proprio fondo cosas de no menor utilidad, quiere su modestia emplearse en un trabajo mas dificil de lo que vulgarmente se piensa, y en un afán, que no tiene el aprecio, que merece. Asi lo siento en esta Parroquial de San Juan. Madrid, y Junio 2. de 1756.

Doct. D. Francisco Fernandez de Xatiba.

LI-

LICENCIA DEL CONSEJO.

DON Joſeph Antonio de Yarza, Secretario del Rey nueſtro Señor, ſu Eſcribano de Camara mas antiguo, y de Gobierno del Conſejo: Certifico, que por los Señores de èl ſe ha concedido Licencia al Padre Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jeſus, Maeſtro de Phyſica Experimental en el Real Colegio Seminario de Nobles de eſta Corte, para que por una vez pueda imprimir, y vender un Libro intitulado: *Lecciones de Phyſica Experimental*, eſcrito en Francès por el Abate Nollet, de la Academia Real de las Ciencias de Parìs, de la Sociedad Real de Londres, del Inſtituto de Bolonia, y Maeſtro de Phyſica Experimental del Sereniſsimo Señor Delfin; y traducido al Eſpañol por el referido Padre Zacagnini, con que la impreſsion ſe haga por el original, y en papel fino, que và rubricado,

do, y firmado al fin de mi firma, y que antes que ſe venda ſe trayga al Conſejo dicho Libro impreſſo, junto con ſu original, y Certificacion del Corrector de eſtàr conformes, para que ſe taſſe el precio à que ſe ha de vender, guardando en la impreſsion lo diſpueſto, y prevenido por las Leyes, y Pragmaticas de eſtos Reynos. Y para que conſte, lo firmè en Madrid à cinco de Junio de mil ſetecientos cinquenta y ſeis.

D. Joſeph Antonio de Yarza.

FEE

FEE DE ERRATAS.

PAG. 17. lin. 14. juegos, lee *jugos*. Pag. 29. lin. 19. las de oro, lee *las hojas de oro*. Pag. 54. lin. 9. vaso B, lee *vaso B*. Pag. 58. lin. 10. taſſa, lee *taza*. Pag. 59. lin. 14. taſſa, lee *taza*. Pag. 61. lin. 12. impenetralidad, lee *impenetrabilidad*. Pag. 64. lin. 6. en el ayre, en el agua, lee *al ayre, al agua*. Pag. 82. lin. penultima hechan, lee *echan*. Pag. 91. lin 13. aſqua, lee *aſcua*. Pag. 139. lin. 17. mas, lee *menos*. Pag. 140. lin. 21. fig. 2. lee *fig.* 1. Pag. 145. lin. 7. y 8. pegadas con otra, lee *pegadas una con otra*. Pag. 165. lin. 12. y 13. menos, lee *mas*. Pag. 231. lin. 19. hice, lee *hizo*. Pag. 256. lin. penultima da velocidad, lee *de velocidad*.

El primer Tomo de las *Lecciones de Phyſica Experimental* de el Reverendiſsimo Padre Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jeſus, y Maeſtro de Phyſica Experimental en el Real Seminario de eſta Corte, ſacadas eſtas erratas, correſponde con ſu original, y aſsi lo certifico. Madrid, y Septiembre treinta de mil ſetecientos cinquenta y ſiete.

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

TASSA.

DON Joſeph Antonio de Yarza, Secretario del Rey nueſtro Señor, ſu Eſcribano de Camara mas antiguo, y de Gobierno del Conſejo: Certifico, que haviendoſe viſto por los Señores de èl los Tomos primero, ſegundo, quarto, quinto, y ſexto de la Obra intitulada: *Lecciones de Phyſica Experimental*, eſcrita en Francès por el Abate Nollet, Maeſtro del Sereniſsimo Delfin de Francia; y traducida al Eſpañol por el P. Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jeſus, Maeſtro de Phyſica Experimental en ſu Real Colegio Seminario de Nobles de eſta Corte, que con Licencia de dichos Señores, concedida à eſte han ſido impreſſos, taſſaron à diez y ſiete maravedis cada pliego; y dichos Tomos parece tienen ſin principios, ni tablas, el primero treinta y ſiete, que à dicho reſpecto importa ſeiſcientos y veinte y nueve maravedis; el ſegundo, quarenta y ſiete, que al miſmo precio monta ochocientos y ſiete; el quarto, treinta y ocho, que vale ſeiſcientos y quarenta y ſeis; el quinto, treinta y ſeis, que monta ſeiſcientos y doce; y el ſexto, quarenta y ſeis pliegos y medio, que à dicho reſpecto importa ſetecientos y noventa maravedis, y al citado precio, y no mas mandaron ſe vendan, y que eſta Certificacion ſe ponga al principio de la Obra, para que ſe ſepa el à que ſe ha de vender. Y para que conſte lo firmè en Madrid à catorce de Octubre de mil ſetecientos cinquenta y ſiete.

D. Joſeph Antonio de Yarza.

PRO-

PROLOGO
DEL TRADUCTOR.

A Phyſica Experimental tiene por objeto principal la deſcripcion de los phenomenos de la naturaleza, el deſcubrimiento de ſus cauſas, la expoſicion de ſus proporciones, y la inquiſicion general ſobre la conſtitucion del Univerſo. Llevados los hombres de una noble curioſidad, ſe han aplicado en todos tiempos al eſtudio de la naturaleza. Toda Arte tiene conexion con eſte eſtudio: y cada vez ſe halla mas nuevo por ſu variedad, mas guſtoſo por lo ameno, y mas digno de admiracion por lo inagotable de ſu doctrina. Lejos de detenerſe en el

conocimiento esteril de las cosas posibles como tales, passa à ocuparse en la discussion de los efectos reales, que pueden instruirnos, y al mismo tiempo utilizarnos.

Pero toda esta instruccion, y utilidad serà perniciosa, si falta un cierto, y determinado methodo en inquirir los efectos de la naturaleza. A ésta debemos primeramente consultarla en sì misma, siguiendo con cuidado sus operaciones manifiestas, y hurtandole (por decirlo asi) sus secretos, por medio de escogidas experiencias, y repetidas observaciones; pues de otro modo nunca llegarèmos à descubrir la verdadera causa de sus efectos maravillosos, si suponèmos las cosas en vez de buscarlas, y fingimos systèmas en lugar de recurrir à la observacion, y à la experiencia. No hay duda, que la

na-

naturaleza, y la verdad eſtàn acordes conſigo miſmas: con que para hallar la verdad, debèmos buſcarla en los efectos de la naturaleza; ſin que puedan retrahernos ciertos motivos ridiculos, ni ciertos reſpetos humanos, opueſtos à ſu eſtudio: quizàs temiendo no ſe deſcubra con las nuevas noticias lo débil de ſus fundamentos, y lo mal apoyado de ſus opiniones. Si éſtas ſon verdaderas, ſe confirmaràn mas, y mas; ſi falſas, importa mucho ſacar ſu falſedad à luz; y ſi inutiles, deſterrarlas ſin piedad, ni limitacion alguna. Porque es evidente, que para que la verdad ſe mantenga intacta en ſu pureza, no ha de tener que vèr con los zelos, y ſoſpechas de los Zoylos, entre quienes ſe obſcurece, por la mezcla fatal de los medios de que ſe valen para mantener caprichoſamente ſus ſyſtèmas.

A la verdad, una de las mayores dificultades, que hay que vencer en el estudio de la naturaleza, es sin duda esta vanidad, que reyna entre nosotros, por la defensa de nuestras opiniones: atrasandose mucho los adelantamientos de la Physica por la preocupacion en que vivimos. Las disputas, que tenèmos cada dia (mas por deseo de la victoria que por hallar la verdad) han producido una especie de Philosophia, que toda se reduce à palabras, y à una vana ostentacion de terminos, de que no se saca el menor fruto.

Vèmos por el contrario el mucho que han sacado las Naciones extrangeras, aplicandose con tesón à este trabajo. Què provecho no han sacado con la invencion de sus máquinas? Què manifacturas no han establecido? Què canales no han

abier-

abierto? A què alturas no han levantado las aguas, para la mayor comodidad? Què comercio no hacen con el mundo todo? Pues todo esto nace sin duda del estudio de la experiencia.

Quièn duda que los Españoles huvieran adelantado mas que otros, averiguando los mysterios de la naturaleza, si huvieran dedicado el tiempo à observarle los passos? Aun los mismos Extrangeros lo confiessan, concediendoles todos la profundidad de ingenio, y la paciencia, y sufrimiento en las empressas. El estudio mismo, en que se han empleado, es prueba convincente de lo dicho. Què constancia no se requiere para seguir doce, y mas años una Cathedra, que ciertamente no se vé auxiliada de la amenidad? Què paciencia no se necessita para inculcar con tanto tesón en la sequedad de

mu-

muchiſsimas queſtiones, que ſolo ſe defienden por no apartarſe del ſyſtèma que ſe ſigue?

Pero no es de mi aſſunto, (ni mi eſtado, ni mi edad me lo permiten) meterme en la critica de lo que tan grandes hombres han ſeguido. Sì bien me es preciſo decir, que ſe podia ſeguir mejor methodo en nueſtros eſtudios, ſi reparamos en lo que ſabémos, y ſi volvemos los ojos à lo que ignoramos. Y aſsi, Lector mio,

. . . . Si quid noviſti rectius iſtis,
Candidus imperti, ſi non, his utere mecum.

Horat. Epiſt. 6.

LEC-

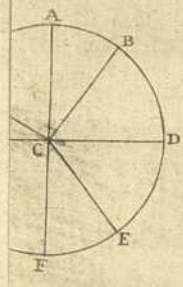


Fig. 2.

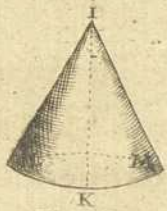
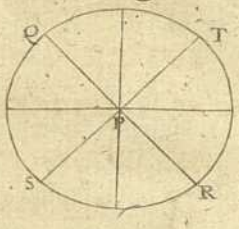


Fig. 3.



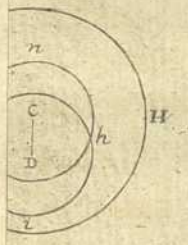


Fig. 5.

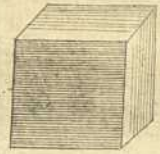


Fig. 6.

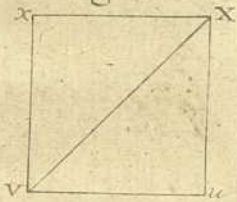


Fig. 8.

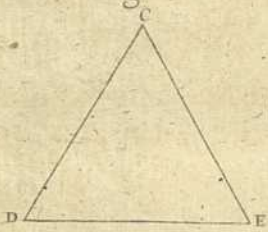


Fig. 9.

Fig. 12.

Fig. 10.

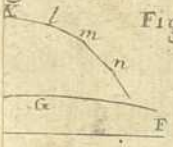
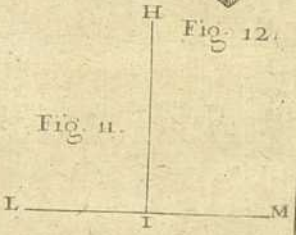


Fig. 13.

Fig. 11.



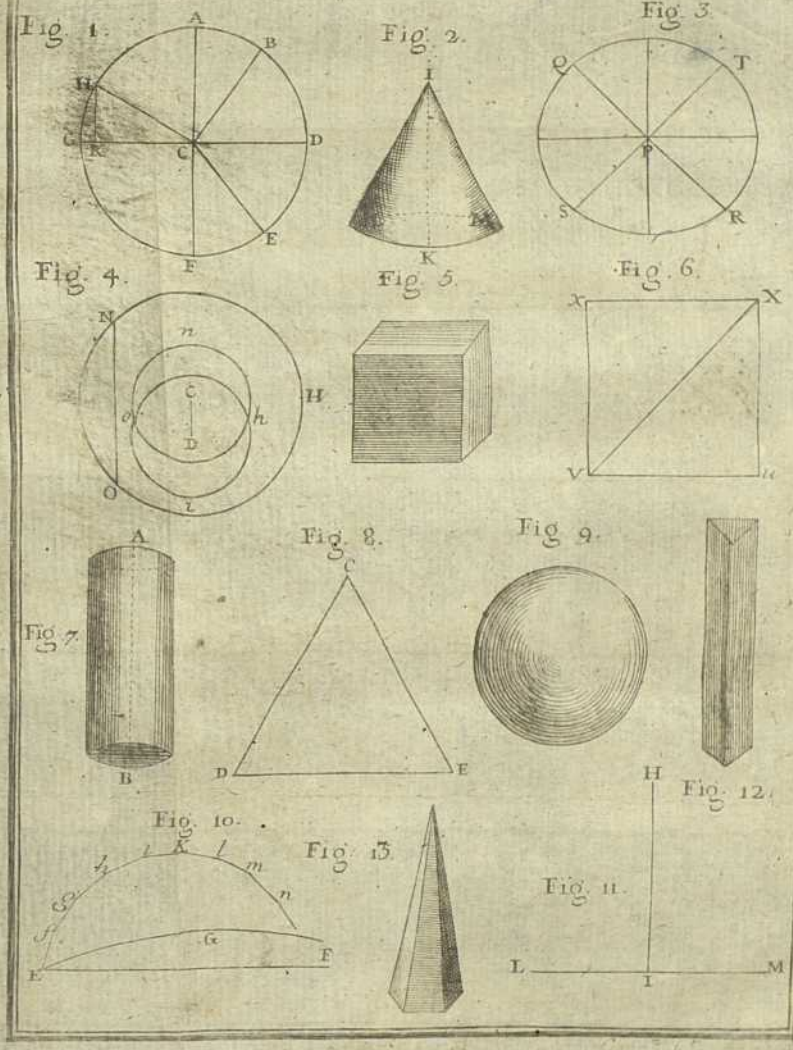


Fig. 1.
A
B
H
G
K
C
D
E
F
Fig. 2.
I
K
Fig. 3.
Q
T
P
S
R
Fig. 4.
N
n
C
H
d
h
D
O
i
Fig. 5.
Fig. 6.
X
x
V
u
Fig. 7.
A
B
Fig. 8.
C
D
E
Fig. 9.
Fig. 12.
Fig. 10.
l
k
m
n
g
f
G
F
E
Fig. 13.
Fig. 11.
H
L
I
M

EXPLICACION
DE ALGUNOS TERMINOS
DE GEOMETRÍA,
DE QUE SE USA
EN ESTA OBRA.

ANGULO es la abertura de dos lineas, que concurren en un punto, como AC, BC, (*fig.* 1.) El punto en que concurren, se llama el *vertice*, ò la punta del angulo. Tres son las especies principales de angulos; es à saber, angulo *agudo*, angulo *recto*, y angulo *obtuso*. El angulo *agudo* es aquel, cuya abertura es menor que un quadrante, ò quarto de circulo, que tenga por centro al vertice del angulo, como ACB, (*fig.* 1.) El angulo *recto* es aquel, cuya abertura es igual al quarto de circulo, como ACD. Y el angulo *obtuso* es aquel, cuya abertura es mayor que la de un quarto de circulo, como ACE.

Angular, lo que consta de uno, ò muchos angulos. Tal vez se usa de este termino para significar que un cuerpo tiene varias esquinas.

Arco, es una parte de la circumferencia de un circulo. Toda esta linea se divide en 360 partes iguales: y assi los arcos se distinguiràn entre sì, segun el mayor, ò menor numero de partes, ò grados, que contuvieren. Y assi se dice un arco de 10, de 30, de 50 grados. El que consta justamente de 90 grados, se llama comunmente *quadrante*, ò *quarto de circulo*: assi como el que consta de 180 se llama *medio circulo*, ù *semi-circulo*. Tales son los arcos ABD, ADF, (*fig.* 1.) Tambien se llaman arcos las partes de qualquiera otra linea curva, aunque no sea circular: y assi se dice muy bien *arco de una parabola*, *de una elipse*, *&c.*

Area, la superficie, ò espacio contenido en una figura qualquiera. El área de un circulo v. g. es el espacio contenido en su circumferencia.

Atmosphera, son los vapores, ò exhalaciones, que salen de un cuerpo, y que lo rodéan uniformemente hasta una cierta distancia. Esta palabra se toma comunmente por la massa de ayre, que envuelve al globo terrestre, y que recibe en sì quanto la tierra exhala continuamente.

Base, lo que sirve de fundamento, y apoyo à qualquiera maquina. Llamase *base* de un cono, ò de una pyramide, el plano inferior,

en

en que terminan, como el circulo LMK, (*fig.* 2.)

Centro, es el medio, ò el punto, que dista igualmente de todas las partes opuestas, y correspondientes de un mismo cuerpo. El centro de un circulo es un punto igualmente distante de todos los que componen la circumferencia, como C, (*fig.* 1.) El centro de una esphera, ò de un globo es un punto, que igualmente dista de todos los de la superficie. Tal vez se llama centro un punto, que no està à igual distancia de todos los que terminan la figura: basta que divida en dos partes iguales todos sus diametros. Asi el punto P puede mirarse como el centro de la elipse representada en la *fig.* 3.

Circulo, es una figura terminada por una linea curva, cuyos puntos A, D, F, G, &c. distan igualmente de otro punto C, que se llama *centro*, (*fig.* 1.) Los Facultativos han convenido en dividir todo circulo en 360 partes iguales, que se llaman *grados*; de modo, que estas partes son siempre proporcionadas: esto es, mayores en los circulos grandes, y menores en los mas pequeños; pero asi en estos, como en aquellos, el numero de partes es el mismo. Cada *grado* se subdivide en 60 *minutos*, cada minuto en 60 *segundos*, cada segundo en 60 *terceros*, &c. En la esphera se distinguen dos suertes de circulos, mayor, y menor. El primero, y sus iguales son aquellos,

cuyo diametro paſſa por el miſmo centro de la eſphera, como ſon el Equador, el Horizonte, el Zodiaco, &c. Los menores ſon aquellos, cuyo plano no divide la eſphera en dos partes iguales, ò (y es lo miſmo) cuyo centro ſe diſtingue del de la eſphera. Tales ſon los circulos Polares, y los dos Tropicos.

Circumferencia, es una linea curva, que volviendo à entrar en sì miſma, termìna, y encierra un cierto eſpacio: tal es la linea Q T R S, (*fig.* 3.) ò ADFG, (*fig.* 1.) Comunmente hablando, ſe confunde el circulo con la circumferencia; pero ſi ha de hablarſe con exactitud, y propriedad, la circumferencia es la linea que encierra al eſpacio, y el circulo es el eſpacio encerrado.

Circular, lo que tiene forma de circulo, ò el eſpacio que ſe corre andando al rededor de un centro. El movimiento de una honda es circular.

Concavo, lo hueco de alguna coſa. Concava es la parte interior de un ſolidèo, de un ſombrero, &c.

Concéntrico, lo que tiene el miſmo centro. El circulo *n o h* (*fig.* 4.) es concéntrico con el circulo N O H, porque el centro C es comun à uno, y otro.

Cono, es un cuerpo ſólido, formado por la revolucion de una linea recta, que eſtà fixa por una extremidad, y con la otra deſcribe un

cir-

circulo, cuyo rayo es menor que la tal linea. Comunmente tienen esta figura los pilones de azucar. (Vease la *fig.* 2.) El punto I se llama el *vertice*, ò la *punta* del cono: la linea IK el *exe*: y el circulo LMK la *base*.

Conico, lo que tiene figura de cono, ò pertenece à èl. Las diversas figuras, que resultan del corte de un cono, se llaman *Secciones conicas*.

Convergentes, son v. g. dos rayos de luz, que tiran à reunirse en un punto. Si AC, BC, (*fig.* 1.) fueran dos rayos de luz, que salieran de los puntos A, y B, su *convergencia* serìa en C, y el grado de esta convergencia serìa el valor del angulo ACB.

Convexo, lo curvo, y arqueado, como la superficie exterior de un globo.

Cubo, cuerpo sólido, regular, que tiene seis caras quadradas, è iguales. Los dados del juego son unos cubos pequeños. (Vease la *fig.* 5.)

Cúbico, lo que tiene las dimensiones de un cubo. Un pie cúbico denota una cantidad de materia contenida entre seis caras, de un pie quadrado cada una.

Cuerda, en terminos de Geometrìa es una linea recta, cuyas extremidades terminan un arco de circulo, como NO (*fig.* 4.) Llamase tambien *subtensa*. Si el arco, que se mide por ella, es la mitad de la circumferencia, ò si bien dicha cuerda passa por el centro del

cir-

circulo, ſe llamarà *diametro.*

Curva, es una linea, cuyas partes no ſiguen una miſma direccion, como el arco ABD, (*fig.* 1.) Se llama tambien ſuperficie *curva* aquella, cuyas partes no eſtàn todas en un miſmo plano. Tal es la ſuperficie de un globo, de un cylindro, &c.

Curvilineo, lo que ſe compone de lineas curvas.

Cylindro, es un ſólido compueſto de muchos planos circulares, iguales, y concéntricos: el primero, y el ultimo de eſtos circulos ſe llaman *baſes* del cylindro, y la linea AB, que paſſa por todos los centros, ſe llama el *exe.* (Veaſe la *fig.* 7.)

Cylindrico, lo que tiene la forma, ò las dimenſiones de un cylindro. Eſto ha de entenderſe, no ſolo de un cuerpo ſólido, ſino tambien del hueco de otro, como v. g. el cañon de una bomba para ſacar agua, que debe eſtàr bien cylindrico en lo interior.

Diagonal, es una linea recta, que paſſa de un angulo à otro opueſto en una figura, que tenga varios lados, como VX, (*fig.* 6.)

Diametro, linea recta, que divide un circulo en dos partes iguales, como GD, (*fig.* 1.) Aſsi ſe llaman tambien las lineas, que paſſan por el centro de otras figuras, como ST, (*fig.* 3.) ò VX, (*fig.* 6.) Los circulos ſe miden por ſus diametros, del miſmo modo que todas las

fi-

figuras, y cuerpos regulares, que ſe componen de circulos. Y aſsi las eſpheras, los cylindros, &c. ſe comparan por ſus diametros.

Divergentes, ſe dicen dos rayos de luz, que ſalen de un miſmo punto, y que ſe vàn ſeparando uno de otro, como CA, CB, ſaliendo del punto C, (*fig.* 1.) La *divergencia* ſe mide por la abertura del angulo, que forman los rayos al ſepararſe uno de otro.

Equilateral, lo que tiene lados iguales. Tal es el triangulo CDE, (*fig.* 8.) compueſto de tres lineas, ò lados iguales. El lado en que ſe ſoſtiene el triangulo, ſe llama *baſe*, y el angulo opueſto à la baſe ſe llama *vertice*.

Eſphera. Veaſe *Globo*.

Eſphérico, lo que tiene figura de eſphera, como una bala perfectamente redonda por todas partes.

Eſpheroide, cuerpo ſólido, que ſe acerca mucho à la figura eſpherica; pero no es perfectamente redondo por todas partes, por no ſer iguales todos ſus diametros. Hoy dia atribuyen à la tierra eſta figura, queriendo probar con obſervaciones, (*) que el diametro de polo à polo es menor que el del Equador.

Exagono, lo que tiene ſeis lados, ò ſeis caras. Diceſe un plano exagono, una pyramide exagona, &c. *Ex-*

(*) Veaſe el Tratado *ſur la figure de la Terre* de Mr. Bouguer.

Excéntrico, lo que no tiene el mismo centro. El circulo *o h i* (*fig.* 4.) es excéntrico, respecto de los otros dos de la misma figura. Porque su centro D no es el mismo que C, centro de los otros dos. La distancia que hay entre C, y D es la medida de esta *excentricidad.*

Exe, linea recta, que se supone immobil, mientras el cuerpo por donde passa hace su revolucion al rededor de ella. El exe de una esphera, ò de un globo es una linea recta, que passa por el centro, y toca con sus dos extremidades dos puntos opuestos de la superficie, que se llaman *polos.* El exe de un cono es tambien una linea recta, que empieza en el vertice, y acaba en el centro de la base, como IK, (*fig.* 2.)

Globo, es un sólido regular, en el qual todos los puntos de la superficie distan igualmente de un centro comun, (*fig.* 9.)

Glóbulo, globo pequeño: comunmente se usa de esta voz para significar un cuerpo pequeño, y redondo por todas partes: el mercurio forma muchos *glóbulos*, quando se divide: las particulas del ayre aparecen en el agua en forma de glóbulos.

Hemispherio, la mitad de una esphera, ò de un globo. Muchas veces se toma esta palabra por aquella parte de la tierra, que està ceñida por el horizonte racional. El Sol ilumìna todos los dias nuestro hemispherio.

Horizontal, lo que està paralelo al Hori-

rizonte. Esta voz denota la posicion de un plano, de una linea, &c.

Incidencia, significa la caìda, ò direccion de una linea sobre otra, ò sobre un plano. Llamase *angulo de incidencia*, el que queda formado con la tal direccion.

Linea, es una concatenacion, ò série de puntos, que se tocan entre sì. Si siguen todos una misma direccion, forman una *linea recta*, como EF, (*fig.* 10.) Si la direccion no es la misma, forman una *linea curva*, como EGF. Todas las lineas curvas se conciben como un conjunto de lineas rectas, infinitamente pequeñas, inclinadas entre sì, como *Ef*, *fg*, *gh*, *hi*, *ik*, *&c.* (*fig.* 10.) En este sentido no hay linea curva propriamente dicha.

Obtuso, se llama un angulo de mas de 90 grados. Vease *Angulo*.

Paralela, se llama una superficie, ò una linea, que en toda su extension dista igualmente de otra linea, ò superficie, como las lineas X *x*, y V *v* (*fig.* 6.) paralelas entre sì.

Paralelogrammo, figura plana, en que los lados opuestos son paralelos entre sì, (*fig.* 6.)

Pentágono, figura plana, que tiene cinco lados.

Perpendicular, hablando de una linea, ò superficie, quiere decir, que ésta se presenta à otra linea, ò superficie, de modo, que forme con ella dos angulos rectos, ò uno à lo menos.

La linea HI (*fig.* 11.) es perpendicular à LM.

Plano, extenſion, ò ſuperficie recta, y unida, encerrada entre muchas lineas rectas, ò curvas. La *fig.* 1. repreſenta un plano circular: la *fig.* 6. un plano quadrado.

Polo, una de las extremidades del exe, al rededor del qual ſe hacen las revoluciones. Los polos del mundo ſon los dos puntos immobiles, al rededor de los quales ſe mueve toda la eſphera.

Polygono, figura que tiene muchos lados. Eſte nombre es generico: ſus eſpecies ſon el triangulo, el quadrado, el pentágono, el exágono, &c.

Priſma, cuerpo ſólido, que termìna en ſus extremidades en planos polygonos, iguales, y paralelos; y en ſu longitud termìna en tantos paralelogrammos, quantos ſon los lados de los polygonos, que le ſirven de *baſes*. Quando éſtas ſon dos triangulos, el priſma ſe llama *triangular*, como ſe repreſenta en la *fig.* 12.

Priſmatico, lo que tiene figura de priſma, ò dice alguna relacion à èl. Llamanſe *vidrios priſmaticos* los que ſirven para los rayos de la luz: tal vez tambien ſe llaman *colores priſmaticos* los rayos colorados de luz, que ſe dexan vèr por medio del priſma.

Pyramide, cuerpo ſólido con muchas caras, y que và diſminuyendo de diametro deſde la baſe haſta el vertice. (*fig.* 13.) El cono puede mi-

mirarſe como una pyramide redonda.

Punto, extenſion muy pequeña, en que ſe confunden las dimenſiones.

Quadrado, figura de quatro lados, que tiene los quatro angulos rectos: ſi todos los lados ſon iguales, ſe llama *quadrado perfecto*: ſi tiene dos largos, y dos cortos, ſe llama *quadrilongo*. La *fig.* 6. es de la primera eſpecie.

Quadrilatero, figura que ſe contiene entre quatro lineas rectas. La *fig.* 6. es un quadrilatero regular.

Rayo, hablando de un circulo, es una linea recta tirada del centro à la circunferencia, como CB, ò CD, (*fig.* 1.) El rayo de un circulo ſe llama tambien *ſemidiametro.*

Rectangulo, ſe dice de una figura, que tiene uno, ò muchos angulos rectos. El triangulo V *u* X (*fig.* 6.) es rectangulo, porque el angulo en *u* es recto.

Rectilineo, lo que ſe compone de lineas rectas. Los dos triangulos, ò el quadrado de la *fig.* 6. ſon figuras rectilineas.

Sector, es un triangulo formado de un arco, y dos rayos. Tal es ABC, (*fig.* 1.) El ſector de una eſphera es un cono recto, cuya baſe acaba en el plano de un ſegmento.

Segmento, es una porcion de una figura curvilinea, y ſe contiene entre una cuerda, y un arco. OZN (*fig.* 4.) es un ſegmento de un circulo. Diceſe tambien *ſegmento de eſphera*, para expli-

car la parte contenida entre una porcion de la ſuperficie convexa, y un plano, que no paſſa por el centro. En eſto difiere el ſegmenro del hemiſpherio.

Seno, es una linea recta tirada perpendicularmente de la punta de un arco de circulo, ſobre el diametro que paſſa por el otro extremo del miſmo arco. Y eſte ſe llama *ſeno recto*, como HK, (*fig.* 1.) Pero la parte del diametro cortado por el ſeno recto haſta la circunferencia, ſe llama *ſeno inverſo*, ò *ſagita*, KG; y el rayo entero, ò ſemidiametro es el *ſeno total*, ò el mayor de todos los ſenos.

Triangulo, figura comprehendida entre tres lineas, que forman tres angulos, CDE, (*fig.* 8.) Los triangulos tienen varias denominaciones, ſegun la naturaleza de las lineas, y angulos de que ſe componen. Y aſsi ſe llama triangulo *rectilineo* el que ſe compone de lineas rectas: *curvilineo* el que ſe forma de lineas curvas: *mixto*, ò *mixtilineo* el que reſulta de rectas, y curvas: *rectangulo* el que tiene un angulo recto: *equilatero* el que tiene todos los lados iguales, &c.

Vertical, ſe dice aquel punto del Cielo, que cae directamente ſobre nueſtra cabeza; llamaſe tambien *zenith*: una linea, que cae à plomo deſde eſte punto, es neceſſariamente perpendicular al Horizonte; por lo qual ſe uſa muchas veces de eſta palabra, para explicar una direccion, que baxa en angulos rectos ſobre un plano horizontal.

LEC-

LECCIONES DE PHYSICA EXPERIMENTAL.

LECCION PRIMERA.

PRELUDIO.

LA Phyſica es la Ciencia de los cuerpos. Su objeto es el conocimiento de ellos por ſus propriedades, por los efectos que proponen à nueſtros ſentidos, y por las leyes, ſegun las quales ſe exercen ſus acciones reciprocas. En eſto difiere principalmente de la Hiſtoria Natural, que ſolo nos enſeña las producciones de la na-

naturaleza, y las diferencias sensibles, que las caracterizan, segun sus generos, y sus especies.

Llámo *cuerpos naturales* todas las substancias materiales, de cuyo conjunto se compone el Universo. Lo uniforme, y constante que notamos en ellas, y de que no percebimos las causas, llamamos *propriedad.* Y de aqui salimos como de un punto fixo para explicar los diversos phenoménos; sin atrevernos à assegurar, que, lo que dámos por primera causa physica, no sea efecto de un otro principio, que ignoramos.

Si estuvieramos ciertos de haver penetrado del todo la naturaleza de los cuerpos; si supieramos, sin la menor duda, que no tienen otras propriedades, que las que han llegado yâ à nuestra noticia, pudieramos lisonjearnos con razon de tener una idèa completa; y no tuvieramos mas que hacer las aplicaciones, para dàr razon de los efectos naturales, que son el objeto de nuestro estudio. Pero nos falta mucho para esto: nada nos dà derecho para hacer una suposicion de esta especie; la experiencia, que nos ha enseñado lo que sabemos de los cuerpos naturales, bien lexos de decirnos, que yà no tiene mas que dàrnos à conocer, parece que al contrario nos anuncia un fondo inagotable de nuevos descubrimientos, aun en aquellos mismos que hacemos cada dia.

Aunque la Physica no pueda gloriarse de sa-

ſaber todo lo que es comun à los cuerpos, ò quanto cada uno tiene de particular, conoce no obſtante cierto numero de atributos, que mira como primitivos, haſta que reconozca otra primera cauſa de quien ſean efectos; la qual ſe halle generalmente, y de un modo abſoluto en todo lo que es materia. Tales ſon v. g. la *extenſion actual*, la *figura* en general, la *mobilidad*, &c. que ſiguen de un modo inſeparable à todos los cuerpos en qualquier eſtado, ò circunſtancia, en que puedan hallarſe.

Hay propriedades de un orden inferior, que no convienen à todos los cuerpos, ſino en tal eſtado, ò circunſtancias: ordinariamente eſtas propriedades no ſon mas, que combinaciones de las primeras, y forman una ſegunda claſſe. Tal es v. g. la *liquidèz*, que probablemente depende de la mobilidad reſpectiva de las partes, de ſu figura, de ſu tamaño, &c. ſolo conviene à las materias, que eſtàn en cierto eſtado, de quien reciben el nombre de *liquidos*. Es propria del agua, porque éſta puede colar; pero no del yelo, aunque éſte ſea un miſmo cuerpo.

En fin, eſtas propriedades del primero, y ſegundo orden ſe combinan mas, y mas; y quanto es mayor el numero de combinaciones, menor es el de los cuerpos, à quienes puedan convenir: y entonces ni ſe eſtienden à todos, como las primeras, ni abrazan ciertos eſtados, como las ſegundas; ſino ſolo ſe ciñen à generos,

ros, à especies, y aun à individuos. Tales son varias propriedades del ayre, del fuego, de la luz, de los metales, del imàn, &c. Ahora tratarèmos de las propriedades mas generales; y despues darèmos por partes aquellas que son particulares à ciertos cuerpos.

SECCION PRIMERA.

DE LA EXTENSION, *y divisibilidad de los cuerpos.*

LO primero que se presenta à nuestra idèa, ò à lo menos à nuestros sentidos, quando examinamos los cuerpos que nos rodèan, es su *extension*; esto es, un tamaño limitado de qualquiera suerte, en el qual se conciben unas partes distintas de otras.

La extension material, de que aqui se trata, tiene tres dimensiones, *longitud*, *latitud*, y *profundidad*, que los Geometras consideran, y miden separadamente, aunque en la Physica son inseparables; porque el cuerpo mas pequeño es sólido; tiene à lo menos dos superficies distintas; y como la profundidad se compone de superficies, y éstas resultan de un conjunto de lineas, de aqui es, que el menor cuerpo es largo, ancho, y profundo.

To-

Todos los cuerpos grandes, quiero decir, aquellos, cuya extenſion es ſuficiente para dexarſe vèr, ò palpar, pueden dividirſe en varias porciones, que tanto mas diſminuyen, quanto mas ſe dividen, haſta que ſe hacen imperceptibles. De eſte modo la lima reduce como à polvo un pedazo de metal, ſeparado de una maſſa mas grueſſa à golpes del cincèl.

Por pequeñas que deſpues nos parezcan eſtas particulas de materia, es facil perſuadirſe, que aùn pueden dividirſe mas, y mas. Las Artes nos dàn à conocer de mil modos diferentes, que eſtos miſmos cuerpecitos no ſon mas que varios conjuntos de *moléculas*, ò pequeñas maſſas ſeparables unas de otras. El grano de trigo, que ſe hace harina en la piedra, ſe ſubdivide aun en el agua que le ayuda à fermentar.

Eſtas miſmas moléculas, que ſolo ſon ſenſibles quando eſtàn muchas juntas, y que apenas pueden diſtinguir nueſtros ojos armados con el mejor microſcopio, ſe deshacen aùn en varias ocaſiones, y nos dàn à conocer con evidencia, que conſtan de partes ſeparables unas de otras, y que muchas veces no vuelven à unirſe. Un leño dexa de ſerlo, quando ſe aplìca al fuego; no ſolo ſe deſunen las moléculas que componen ſu maſſa; pero aun las miſmas partes, que havia unido la naturaleza para la formacion de eſtas moléculas, ceden à la accion del fuego, y aparecen ſeparadamente en forma de humo, de

llama, de cenizas, &c.

En fin, estas ultimas partes, muchas veces diversas entre sì, pero que unidas, formaban varias massas semejantes en un mismo todo; estas partes, digo, aun no son entes, que podamos mirar como indivisibles. Aunque tal vez se llamen *principios*, esto mas es una denominacion, que està en uso, que no un titulo, que sirva de fundamento, para atribuìrles la indivisibilidad physica. Razon hay para creer que en el estado en que se vèn ordinariamente, aun no han adquirido el ultimo grado possible de pequeñèz. Tienen sus *elementos*, y estos elementos son aun de una naturaleza diferente en varias de ellas. Como el azufre v. g. que se miraba en otro tiempo como una de estas substancias inalterables, empleadas por la naturaleza en la composicion de los cuerpos, y que un Physico (*) mas ilustrado halla aun el medio de descomponer, y aun de imitar.

Pero despues de hechos todos los esfuerzos possibles para dividir una materia, quando yà nos falte el modo de proceder, y la experiencia no quiera explicarse con nosotros; què debemos juzgar de la divisibilidad de los cuerpos? y de què regla nos hemos de valer para nuestras conjeturas? Hemos de creer, que yà todo està hecho? que hemos perseguido à la naturaleza aun

(*) Mem. de la Acad. año 1704. pag. 278.

aun en lo mas retirado de ſus trincheras? y que hemos yà llegado à eſtos cuerpecitos ſimples, con los quales es creìble que comenzò la obra, que intentabamos deshacer?

Serìa preſuncion el penſarlo: y aun las miſmas dificultades que hemos hallado en nueſtras tentativas, deben à lo menos hacernos ſoſpechar lo contrario. Quando emprendemos la diviſion de un cuerpo, nos es tanto mas dificil ſu execucion, quanto ſon mas pequeñas las partes divididas: eſto ſerà que no podemos ſepararlas, ſino por la accion de una materia extraña, que las deſuna, ú oprimiendolas exteriormente para obligarlas à ſepararſe: mientras mas ſutìles quedan, menos preſſa hacen en ellas los medios de que ſe uſa: y ſu deſunion es tanto mas dificultoſa, quanto mas ſe aſſemejan, ò ſe acercan à la primera ſimplicidad, yà ſea que las ſuperficies por donde ſe tocan ſon mas analogas; ò yà ſea que ſe encuentren muy pocos cuerpos mas duros, y pequeños que ellas para empezar à dividirlas. Con que es muy natural perſuadirſe, que quando no ſe proſigue en dividir una materia, mas es por falta de inſtrumento, baſtantemente ſutìl para interrumpir ſu continuidad, que no por falta de partes en la materia.

Luego la materia es diviſible *ad infinitum*?

A eſta concluſion no obliga lo que haſta aqui havemos dicho: y eſta queſtion, que hace tanto ruìdo en las Eſcuelas, parece reducir-

ſe à muy poco, como quieran entenderſe. Porque ſi ſe habla de una diviſibilidad puramente ideal, es evidente, que ſe puede reſponder por la afirmativa; porque entonces todo ſe reduce à ſaber, ſi ſe concibe ſiempre como diviſible un cuerpo, por mas dividido que eſtè; y ello es cierto, que aſsi ſucede: ſe conciben, demàs de eſto, dos mitades en la mas pequeña particula; las ſuperficies en que éſta ſe contiene, aunque infinitamente eſtèn cerca una de otra, jamàs ſe confunden; y ſiempre ſe podrà decir lo miſmo à cada nueva diviſion que ſe quiera fingir. Eſta, pues, diviſibilidad imaginaria no tiene limites; de ſuerte, que ſi el Arte, y la naturaleza eſtuvieran de acuerdo para executar todo lo que podemos penſar noſotros, ſe pudiera hallar en el ala de la mas pequeña moſca un numero de partes, que igualaſſe en fin el de los granos de arena, que encierra en ſus limites el Oceano: Propoſicion, que ſolo puede parecer paradoxa à los que confundieren la comparacion de los numeros (de que ſolo tratamos) con la de los tamaños materiales.

La naturaleza es acaſo tan fecunda como nueſtra imaginacion? Lo que concebimos como poſsible tiene cabida en lo real? Eſtas pequeñas porciones de extenſion, que ſe tocan, ſin confundirſe para eſtàr diſtinguidas unas de otras, ſon por lo miſmo actualmente diviſibles? Han exiſtido jamàs, ò ſegun ſu naturaleza

pue-

pueden exiſtir ſeparadas unas de otras? Sobre eſto no ha dicho la experiencia coſa cierta; y como en materia de Phyſica ſolo iluſtran las pruebas ſacadas de los hechos, ſe puede decir, que eſta queſtion queda indeciſa.

No obſtante varios Philoſophos, poniendo limites à eſta diviſibilidad phyſica, tomaron el partido de decir, que los Elementos de los cuerpos eran abſolutamente *inſecables*, y que la miſma naturaleza al formarlos ſe havia impueſto como una ley de no dividirlos jamàs. En prueba de éſto citan una experiencia de aora 6000 años: por eſto, dicen, que el eſtado natural de las coſas deſde ſu primer origen ſiempre ha ſubſiſtido el miſmo: un roble ſiempre es roble; un cavallo es hoy lo que fuè deſde ſu principio. Si el *germen*, ò lo que conſtituye cada naturaleza en particular, fuera alguna coſa diviſible, la naturaleza en general no huviera mudado de roſtro, por las diferentes mutaciones que huvieran padecido las eſpecies particulares?

Aunque yo me incline mas à admitir los corpuſculos *inſecables*, que no à ſuponer la materia phyſicamente diviſible *ad infinitum*, no obſtante, no puedo diſsimular, que el argumento que acabo de citar, por eſpecioſo que ſea, no tiene baſtante fuerza para decidir la queſtion, y que ſe puede reſponder à èl con eficacia. Porque, aun quando eſtas entitatulas, (produccion immediata de la creacion) no fueſſen en algun

mo-

modo inſecables, como ſe ſuponen, no huviera proveìdo ſuficientemente à la duracion de ſus obras el Autor de la Naturaleza, no dexando en el mundo ſino medios incapaces de deſtruir la economia? Pruebeſe, pues, que la indiviſibilidad abſoluta de las partes primordiales es el ſolo camino que debiò tomàr la Sabidurìa del Criador para hacer inalterable cada eſpecie. Pero ſi eſta admirable uniformidad, con que vèmos que la naturaleza ſe reproduce cada dia, no es una prueba invencible de la exiſtencia de los corpuſculos; à lo menos nos ha de obligar à penſar, que no debemos prometernos con tanta ligereza mudar, quando quiſieremos, una materia en otra: todos los medios que podria ſubminiſtrarnos el arte para tales operaciones, no ſerian, ſino cortas imitaciones de la naturaleza, digeſtiones, fermentaciones, calcinaciones, &c. Y ſi la miſma naturaleza deſde ſu origen ſe ha conſervado conſtantemente, ſin alguna mutacion, contra todos los movimientos que ſe han obrado, y ſe obran cada dia en ſu proprio ſeno; nos hemos de jactar noſotros de hacer milagros en nueſtros Laboratorios? La Quimica, hoy mas ſábia que nunca, abandona por eſta miſma razon, cada dia mas, eſte genero de pretenſiones quimericas, para aplicarſe à otras operaciones de una utilidad mas real. Deshace, quanto puede, las producciones naturales, para conocer las propriedades: hace Extractos, que aplica à nueſtros

uſos,

uſos ; y ſi intenta imitar la naturaleza , no lo hace probando la compoſicion de materias , que aun ella miſma no conoce.

De lo que acabamos de decir tocante à la diviſibilidad de los cuerpos , reſulta lo primero, que no tiene limites eſta diviſion mental, que ſolo exige en la materia una diſtincion real de partes: lo ſegundo, que la diviſibilidad phyſicamente poſsible , ò no poſsible *ad infinitum*, es negocio de ſyſtèma , en que hay probabilidad en pró , y en contra. Lo tercero,que no puede negarſe,à lo menos , una multiplicidad de partes actualmente ſeparables , y tan pequeñas , que ſu numero , y delicadeza exceden con mucho las idèas comunes.

La ultima de eſtas tres propoſiciones es ſola la ſuſceptible de eſte genero de pruebas , à que nos ceñimos en eſta Obra. Apelo , pues , à la experiencia , y emprendo dàr à conocer con hechos dignos de curioſidad lo que ſe ha de diſcurrir de la prodigioſa diviſibilidad de los cuerpos.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POngaſe ſobre tres clavitos , ò de otro modo equivalente , una moneda delgada de cobre , plata , ù oro : y enciendaſe por encima , y

por

por debaxo un poco de flor de azufre, como està en la *fig.* 1.

EFECTOS.

Con esta operacion, de que cierta gente abusa para alterar la moneda, la pieza se divide en dos, segun la direccion del plano: y comunissimamente, la una de las dos partes, mas delgada, y quebradiza, dexa la otra con la marca suficiente, para que parezca que sensiblemente no ha disminuido.

EXPLICACIONES.

Un cuerpo se divide, quando la travazón de sus partes se interrumpe por medio de una materia estrangera, nada propria para unirse con ellas. Assi la hoja de un cuchillo divide en dos un pedazo de leño. La parte mas sutìl del azufre, que se desprende quemandose, y que se introduce por uno, y otro lado entre las partes del metal dilatado por el fuego, forma en lo interior de la pieza, paralelamente à su plano, una tela de materia extraña al mismo metal, la qual causa la division, y se dexa vèr, despues de separadas las partes.

APLI-

APLICACIONES.

La mifma caufa que defune las fuperficies ligadas entre sì, impide tambien fu union, aun quando tuvieran todas las difpoficiones neceffarias para ello: y por efto para tener feparadas algunas materias, cuya union, ò mezcla fe quiere eftorvar, fe ufa de aceytes, y de graffas: para prevenir la union de las graffas, fe ufa de alguna cofa humeda; de polvos abforbentes, quando reyna fobre las fuperficies algun humor fluido, que las uniera fin falta. Afsi, ufando de exemplos familiares, fe notarà, que para ojaldrar la maffa fe ufa de manteca fria, y éfta fe extiende en diferentes capas: que el interior de los moldes por donde ha de colar la cera, ò azufre, &c. fe vifte de alguna materia líquida; y que los vafos, acabados de hacer en las fabricas de loza, y porcelana, fe ponen fobre arena feca. Y por efta razon en eftas Artes fe tiene gran cuidado de limpiar bien las fuperficies, que fe quieren unir para fiempre.

El ufo de las colas, y foldaduras no es argumento, que pueda defmentir efta propoficion: aunque efto fea interponer una materia extraña entre las partes, que fe quieren juntar.

Lo que hace principalmente, que una capa de agua interpuefta, v. gr. entre dos pedazos de cera, entretenga de ordinario fu defunion, es

que el agua no es apta para penetrar los cuerpos grassos; y no aplicandose, sino imperfectamente, su interposicion no puede servirles de lazo comun. Pero no sucede asi con la cola que puede penetrar, aunque sea muy poco, las piezas, que ha de unir: quando se usa de ella, es cuerpo fluìdo, que por la misma razon se amolda en los poros insensibles de las superficies; pero presto se hace sólido, porque la humedad lo dexa, y penetra mas adentro: entonces estas ataduras, aunque pequeñas, tanto mas multiplicadas, quanto son mas los vacuolos en las partes sólidas de las superficies, forman una travazon muy considerable.

Por el mismo principio, aunque con alguna diferencia, sirven las soldaduras para unir el metal: la mezcla de plomo, y estaño derretida con el soldador, penetra las primeras superficies del metal dilatado con el mismo calor: como se enfria de prompto, dà lugar à que las partes se acerquen: la soldadura que pierde al mismo tiempo su fluidèz, se encuentra pegada de una, y otra parte, sirve de lazo comun à las piezas, y las junta.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EChense en un vaso de beber dos hojitas de cobre: en otro vaso semejante se pondràn unas pocas de limaduras de hierro, ò de azero: en cada uno se echarà media onza de agua fuerte. (Veanse las *fig.* 2. y 3.)

EFECTOS.

En el primer vaso el agua dà un herborcito: el metal aparece agitado: su volumen al parecer disminuye; el licor se calienta, y se tiñe de color verde; las hojas desaparecen al fin; y se percibe un vapor, que se levanta por cima del vaso. En el otro los efectos son casi los mismos, pero mas promptos, mas violentos, y el color tira à roxo.

EXPLICACIONES.

Las particulas del agua fuerte, que pueden considerarse como otras tantas navajitas, ò puntillas muy agudas, entran en las partes del cobre, y del hierro, por una fuerza, sobre cuyo conocimiento estàn divididos aun los Physicos; y sobre que la experiencia no ha dicho nada de

decisivo. Cada massita penetrada por todos lados, desaparece poco à poco, à causa de la division de sus partes, que nadan sin depender la una de la otra en el licor, que las ha desunìdo, y que en fuerza de su mezcla se vè con un color que no tenìa antes de la operacion. El calor que se produce durante la dissolucion, es una sequela natural del movimiento de las partes, y de la accion de una materia sobre otra. Como tambien el vapor que sensiblemente se levanta, es un efecto del calor aumentado.

El mismo efecto se produce en el otro vaso, aunque con mas violencia, y prontitud: la razon principal de esta diferencia, es, que el agua fuerte, de que se usa en estas dos operaciones para dividir las massas, tiene mas lugar de exercer su accion en el hierro reducido à limaduras, que en el cobre que se ha dexado en hojas: y tanto mas obra, quanto es mayor la superficie, à que se aplica; pues siendo iguales las cantidades de materia, aquella presenta mayor superficie, que està dividida en mas partes. Supongamos por exemplo una onza de hierro unido todo en una pequeña massa espherica; si este glóbulo se corta por su diametro, se aumentarà su superficie; pues no solo tendrà la de los dos hemispherios, que tenia antes, sino que à esta se añadirà la que nace del corte diametral: y si se multiplican mas los cortes, se vè facilmente que su superficie aumentarà màs, y màs.

Otra

Otra razon ſe puede añadir, y es, que el cobre à igual volumen es mas peſado que el hierro: luego éſte tiene mas vacuo, y por conſiguiente dà mas entrada al agua fuerte; ſiendo lo demàs igual.

Quanto à los colores, que toma el licor en eſtas diſſoluciones, no es eſte ſu lugar proprio: eſte genero de efectos ſe explicarà en tratando de la luz.

APLICACIONES.

El agua comun hace en un gran numero de cuerpos, lo que en los metales obra el agua fuerte; pues deshace las tierras, las ſales, los juegos de las plantas, &c. ſe carga de eſtas particulas divididas, y las conſerva ſeparadas, mientras ſu cantidad fuere ſuficiente para impedir, que ſe vuelvan à juntar. Los rios corren turbios deſpues de muchas lluvias, ò deſpues de derretidas las nieves, porque entonces recojen en ſu ſeno muchas aguas mezcladas con tierra, y con arena: Los manantiales minerales toman ſus diferentes qualidades de la materia que contienen: y las toman en particulas tan ſutiles, que nunca ſe altera ſu tranſparencia. El mar es ſalado, ſegun opinion comun, y la mas veroſimil, porque diſſuelve muchas minas de ſal, que ſe encuentran en ſu ſeno, no menos que en las otras partes de la tierra.

Eſte

Este genero de dissoluciones de ningun modo descompone los cuerpos; porque no hacen otra cosa, que dividir sus massas, y dexarles desunidas de este modo sus moléculas con una total independencia mutua. El Arte mismo nos suministra medios muy faciles para volverlas à su primer estado; comunmente basta evaporar los licores, que las conservan dissueltas; y este es el modo mas simple, quando sus partes son menos evaporables, que las del dissolvente. Esta práctica està en uso en las Salinas para separar la sal del agua; para sacar el salitre de las legìas en que lo hay, para refinar los azúcares, para aumentar la fuerza de los caldos, que llaman alterados, y en general para espesar todas las materias, en donde la parte líquida abunda con excesso.

Pueden volverse à juntar las partes de un todo dissuelto, precipitandolas al fondo de algun vaso: lo que no dexarà de suceder, siempre que al dissolvente se le presente una materia mas penetrable para èl, que aquella de que èl està cargado; porque entonces, al entrar en la nueva massa, depone las otras partes, que de su proprio peso caen al fondo del vaso: esto se vè, quando se echa un poco de espiritu de vino sobre agua bien cargada de azucar; pues el uno de estos dos líquidos penetra al otro, y depone las particulas de azucar, que havia en èl.

Este

Eſte modo de precipitar un cuerpo diſſuelto para volverlo à unir, es muy curioſo en los metales, y no menos capàz de engañar à los que no eſtuvieren bien impueſtos en eſta ſuerte de operaciones. Si ſe mete v. gr. una plancha de hierro en una diſſolucion de cobre, ò vitríolo azul hecha con agua fuerte, el diſſolvente operarà mas bien en el hierro, y depondrà muchas particulas de cobre en el ſitio, de donde ſacarà las del hierro; de forma, que al fin de la operacion ſe podrà ſacar del vaſo una plancha de cobre verdadero; pero proponer eſta experiencia, como medio para convertir el hierro en cobre, es abuſar de ella; porque nunca ſe ſacarà mas cobre de eſte ultimo metal, que el que ſe havia hecho entrar en la primera diſſolucion.

Las infuſiones, ſi ſe ha de hablar propriamente, no ſon otra coſa, que diſſoluciones de ordinario mas lentas: con eſta diferencia, que en lugar de hacer que deſaparezca toda la maſſa, ſolamente deſpegan de ella una cierta cantidad de partes.

Los cuerpos que ſe echan en infuſion, regularmente eſtàn compueſtos de partes de diferentes naturalezas: el licor, que las penetra, ſe carga de aquellas, que ceden à ſu accion; y las que no ceden, permanecen en un volumen que difiere poco del que tenian antes: el palo de Indias, el del Braſil, &c. metidos en agua comun,

de-

deponen un cierto jugo, que la naturaleza ha introducido en las fibras de esta madera; esta extraccion, de que se hace una tintura, no dexa percebir una sensible diminucion de volumen en las partes que se despojan del tal jugo.

Las infusiones se hacen con mas prontitud, y salen mas cargadas con agua caliente; el calor aumenta la liquidèz del agua, y la hace mas penetrante; los sólidos se dilatan en ella, y por consiguiente quedan mas penetrables. Estas dos razones concurren à un mismo efecto. Las raìces, y frutos que cocidos sirven de alimento, no depondrian por cierto en el agua fria los zumos acres, y otras particulas nada gustosas, que se les quita haciendolos herbir.

Aunque las infusiones, y dissoluciones, que no hacen mas que dividir, y extraher, de ningun modo inmutan la naturaleza de las partes, que separan, y despegan; no obstante les comunican cierta aptitud para algunos efectos, que no se produxeran sin alguna de estas dos preparaciones. Què socorro se podria esperar de los minerales, y vegetables, que se emplean en las medicinas, si una division mucho mayor, que la que podrà hacer un cuchillo ordinario, no procurára à estos tales cuerpos una cantidad de superficie proporcionada, tamaños, y figuras convenientes à las partes interiores del cuerpo animado, en que se han de hacer las operaciones? Esta preciosa variedad de colores, que se admiran

en

en las telas, y en todas las materias que reciben bien la tintura, en gran parte nace de las infusiones. Muchos jugos, que se espesan en las mismas plantas, en que los ha preparado la naturaleza, y que quedarían en ellas con pérdida nuestra, se ablandan, y se estienden en el agua que los penetra: si se imprimen con el agua misma en alguna superficie preparada, el agua se evapora, y permanece firme la impresion.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA 4. *fig.* representa una cazoleta de vidrio, casi llena de algun licor odorifero, como de agua de azahar, ò de espiritu de vino cargado de espliego, y puesta sobre una lamparita encendida.

EFECTOS.

Quando el licor comienza à herbir, por el pico de la cazoleta sale un vapor muy abundante, que se esparce por toda la camara, y que se dexa percebir de un lado à otro, sin que por esto se reconozca en el licor una diminucion sensible de volumen, despues de dos, y tres minutos de haver hecho la experiencia.

EXPLICACION.

El vapor, que comunica ſu olor en todo el apoſento, no es otra coſa, que la parte mas evaporable del licor, ſeparada de la maſſa, y dividida extremamente por la accion del fuego: eſtos corpuſculos, no obſtante la poca diminucion, que han hecho en el volumen, de donde ſalieron, ſon ſuficientes en ſu cantidad para igualmente eſparcirſe, y hacerſe ſentir en un eſpacio muy grande.

Si ſe quiere averiguar mas de cerca el numero prodigioſo de particulas odoriferas, y repreſentarſe de un modo mas exacto la increìble diviſion que ſe ha hecho en la corta cantidad del licor evaporado; baſta compararla con el volumen de ayre que ſe contiene en una camara de doce pies en quadro, y diez de alto. Quando eſta pequeña cantidad de licor no exceda dos lineas cúbicas antes de la experiencia, y que deſpues de la evaporacion, no ſe hallen mas de quatro particulas en cada linea cúbica de ayre; (ſupoſicion que ſe puede hacer en el cómputo mas ínfimo) quántos millones de partes no ſe reconoceràn por eſta comparacion, y cálculo, que ſe puede hacer facilmente? Pero què aumento no tendràn eſtos millones de partes, ſi ſe advierte, que lo que aqui cauſa el olor eſparcido ſenſiblemente, es la parte mas corta de lo

que

que ſe evapora? Porque en un licor, ò vapor odorifero ſe deben diſtinguir las partes, que le ſon proprias, de aquellas de que èl eſtà perfumado.

APLICACIONES.

Los olores conſiderados relativamente à nueſtros ſentidos, ſon unas impreſsiones hechas en el órgano por los corpuſculos, que exhalan los cuerpos odoríferos. Todos los dias vèmos diſtintamente en diverſos efectos naturales, lo que ſucede como en abreviatura en la experiencia, que ſe acaba de citar. Sobre nueſtro globo reyna un cierto grado de calor, que varìa ſegun los tiempos, y lugares; el fuego, que la naturaleza conſerva, y que lo pone todo en movimiento, junto con otras cauſas, de que hablarèmos en otra parte, deſpega continuamente las partes mas ſutiles de todos los cuerpos, que cubren la redondèz de la tierra: las que tienen mas correſpondencia con el olfato, eſparcidas, y fluctuantes como las otras en aquella parte de la atmoſphera que ocupan, ſe dexan tanto mas ſentir, quanto es mayor ſu numero en un volumen de ayre determinado. Por lo que, ſin duda, es mas penetrante el olor de las flores de un jardin al anochecer, deſpues que el ayre ha refreſcado, que no en lo fuerte del calor entre dia. La freſcura que condenſa el ayre al ponerſe el Sol, và eſtrechando ſus partes, y

condensando màs, y màs las exhalaciones de que està cargado; y quando el ayre se respira en este estado, lleva consigo hasta el órgano un mayor numero de estas partes odoriferas, de que hablamos.

Si el calor conserva siempre una mayor, ò menor cantidad de movimiento en todos los cuerpos, de donde nace, sin duda, una continua pérdida de su substancia; por què nos hemos de admirar, que todo perezca con el tiempo, y que algunos cuerpos disminuyan de tamaño, y prontamente se aniquilen? De este modo se secan los estanques, y lagunas, quando las lluvias, ò manantiales no reparan su evaporacion.

Pero sin salir de los exemplos, que hemos tomado de los cuerpos odoriferos, lo mismo se nota, de un modo sensible, en las plantas, y en las flores. Por què en los tiempos mas calurosos se amortiguan de tal suerte, que el proprio peso las rinde? Por què amanecen victoriosas, y en todo su vigor? Sin duda porque, lo que se exhala entre dia, excede los socorros que reciben del seno de la tierra. Lo que no sucede de noche, pues consiguen llenar con abundancia los vacìos.

Aunque las plantas pierdan en sus exhalaciones una tan grande cantidad de su substancia, no se puede decir por esto, que la parte destinada à los olores tenga mucha parte en su di-

minucion ſenſible. Parece que la naturaleza ha reducido todos los otros cuerpos de eſta eſpecie à una diviſibilidad tan prodigioſa, que pueden facilitar por largo tiempo la proviſion neceſſaria para ſu efecto. Todo el mundo ſabe, que un grano de almizcle ſe dexa percebir con incommodidad deſpues de veinte años en un ſitio, en que el ayre no ſe renueva cada dia. Quièn no ſabe, que los perros corren ſeis horas detràs de un ciervo, ſin otra guia comunmente que el olor que và dexando? Quántos corpuſculos arrojarà eſte animal para abrir camino à otros quarenta, de cuya viſta por lo comun ſe eſcapa?

La mayor parte de las beſtias, y ſobre todo los perros, gozan de un olfato muy fino. La diſpoſicion de eſte órgano, cuya parte principal eſtà ácia fuera, y lo mucho que ſe ſirven de èl, contribuye, ſin duda, à eſta delicadeza, que no tenemos noſotros: la naturaleza nos la ha recompenſado con el tacto, que logramos mucho mas exquiſito: tambien es cierto, que es el ſentido, de que mas uſamos, deſpues de la viſta, en el examen que hacemos de varios objetos, que ſe nos repreſentan. Pero los animales, que rariſsima vez ſe ſirven del tacto por modo de prueba, examinan con la narìz, lo que la viſta les anuncia provechoſo, como ſiendo caſi ſu unica ocupacion el cuidado del alimento; y haviendo tanta afinidad entre el tacto, y el guſto, era conveniente que ſupieſſen oler, mas bien que tocar.

QUAR-

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN el fondo de un vaſo de cryſtal, que haga cerca de cinco azumbres de licor, ſe desleìrà un grano de carmin, y ſe llenarà de agua el vaſo. (*Fig.* 5.)

EFECTOS.

El color ſe eſtiende de modo, que todo el volumen de agua queda teñido ſenſiblemente.

EXPLICACION.

El carmin es una depoſicion, ò una eſpecie de heces muy finas, que ſe ſacan de la infuſion de la cochinilla, y de algunas materias vegetables. Las partes, que han eſtado yà divididas con la preparacion, que ſe hizo, ceden con gran facilidad à la accion del agua, que las penetra, y extiende: de ſuerte, que ſe reparten proporcionadamente en toda la maſſa del fluido.

Para concebir facilmente, quánto ſe divide la materia en eſta ultima experiencia, baſta conocer la proporcion que hay de un grano de peſo à diez libras; éſta es como la unidad

à

à 92160. Pero una cantidad de agua, que pese un grano, se presenta aun baxo un volumen bastantemente sensible; el qual para teñirse uniformemente debe contener muchas particulas de carmin: supongamos, que no tiene mas de diez: el producto que acabamos de citar, aumentarà diez veces de valor: de donde resultan 921600 partes sensibles en un volumen, que era poco considerable antes de extenderse en el agua.

APLICACIONES.

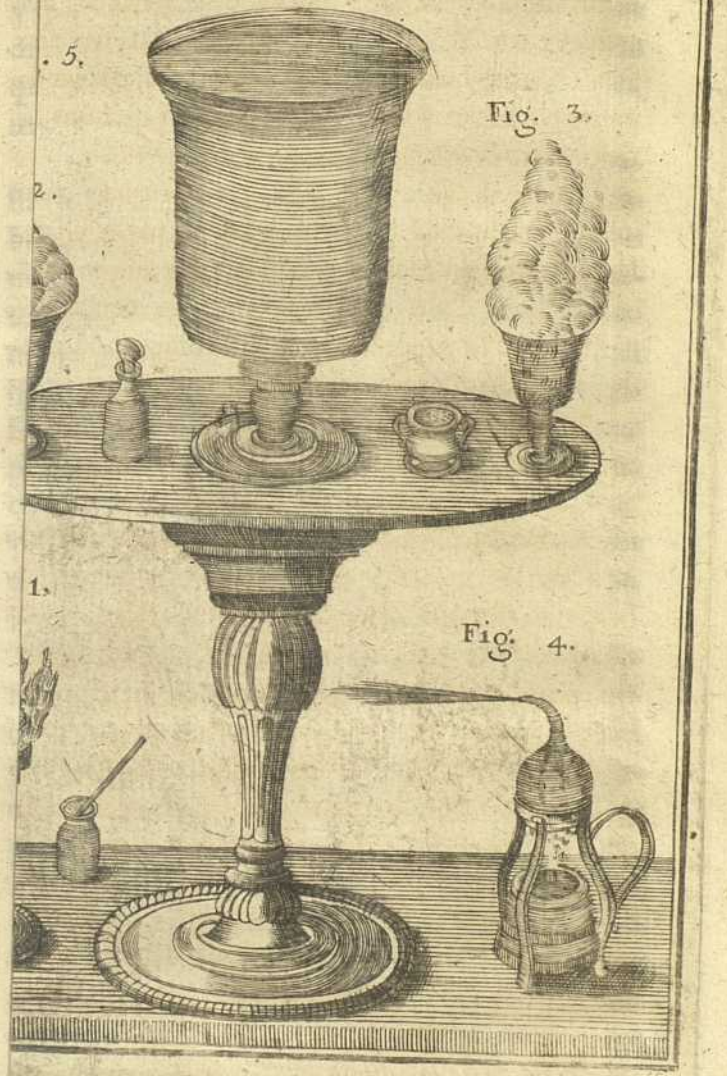
Con particulas de materia, divididas de esta suerte, y estendidas en algunos líquidos, dàn los Pintores, y Tintoreros à las superficies de los cuerpos ciertos colores, de que naturalmente carecen. Las superficies pintadas, ocultas baxo la pasta de que las cubren, yà no son visibles por sì mismas, sino por las capas con que el pincèl las viste. No sucede asi con las que se tiñen: por lo ordinario se preparan en un baño, que con el calor, y la accion de ciertos sales, dilata los poros, y abre una infinidad de agujeritos, aptos para recibir despues las partes colorantes. Esta preparacion es la que principalmente hace durables las tinturas, è impide que no se destiñan, quando se laven. Sì bien no siempre hemos de atribuir à las particulas colorantes la tintura de los cuerpos. En tratando

de

de la luz, harèmos vèr, que el color depende comunmente de una nueva disposicion, que arman entre sì las partes mismas de las superficies: como quando el agua fuerte v. gr. convierte en encarnado el papel azul; ò quando el calor enroxece un cangrejo.

Fuera de las experiencias, que acabamos de citar para probar la divisibilidad de los cuerpos; las Artes nos ofrecen otras prácticas ingeniosas, que la dàn à conocer de un modo no menos evidente. No se puede vèr sin admiracion la prodigiosa flexibilidad del oro, y de la plata. Los que baten, y hilan estos metales, les procuran un tal grado de extension, que despues de mucho tiempo arrebata la atencion de los Philosophos. Boyle (*) es uno de los primeros que notò, que un grano de oro hecho ojas puede cubrir una superficie de cinquenta pulgadas en quadro. Esta observacion dà lugar para reconocer, por un cálculo muy simple, un maravilloso numero de partes visibles en esta tan corta cantidad de metal. La longitud de una pulgada contiene à lo menos docientas partes visibles; puesto que se halla tal vez dividida en cien partes, en algunos instrumentos de Mathematica; y que un Observador, algo atento, puede facilmente tener cuenta con las mitades. Hecha esta suposicion, nada extraña, se podrà cor-

(*) *De Mira subtilitate effluviorum.* Cap. 2.


5.
Fig. 3.
2.
1.
Fig. 4.

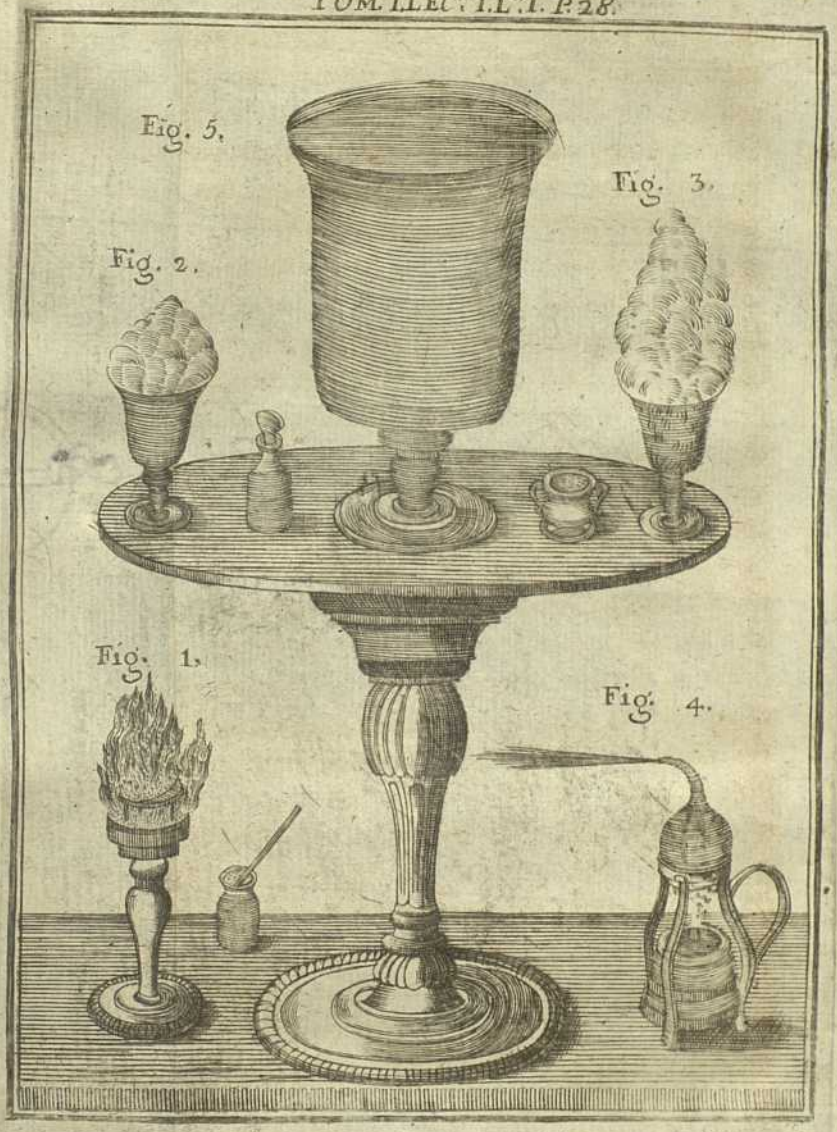


Fig. 5.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 4.

cortar una hoja de oro en 200 partes chatas, y cada parte en 200 quadritos: de ſuerte, que dividida en eſta forma toda la hoja, reſultaràn quarenta mil partes, que es el producto de 200, multiplicadas por 200.

Pero en un grano de oro batido ſe hallan cinquenta hojitas ſemejantes à las que acabamos de dividir; multipliquenſe, pues, 40000 por 50, y la ſuma ſeràn dos millones de partes, que ſe pueden contar con los ojos, en una porcioncilla de materia, que no es mas que la ſeptuageſima-ſegunda parte de un grueſſo. (*) Eſte numero, por mas prodigioſo que parezca, ſe puede doblar, atendiendo à que cada una de las particulas de oro ſe puede vèr, y tocar à lo menos por dos ſuperficies, ò por los dos planos opueſtos, cuyas dimenſiones ſon iguales.

Lo que las de oro, y de plata nos enſeñan acerca de la *ductilidad* de eſtos dos metales, y de la maravilloſa diviſibilidad de ſus partes, es caſi nada, reſpecto de lo que ſe nota en las fabricas donde ſe prepara el hilillo de plata dorada, que ſirve para las telas, el galon, las bordaduras, &c. Eſta Arte, en que el comun de los hombres no halla mas objeto que el comercio, ni mas provecho que la vanidad, pone à la viſta de un Philoſopho mu-

(*) Un *Grueſſo* es la octava parte de una onza.

chos prodigios, que no han podido librarse de las observaciones de Boyle, del P. Mersene, de Rohault, y de muchos otros Physicos, aun en tiempos en que no se havia llegado al grado de perfeccion, en que està hoy dia. El Cavallero de Reaumur, (*) que lo ha examinado con la exactitud, que acostumbra, hadescubierto mejor que ningun otro las bondades, y ha dado à conocer el verdadero prodigio. De èl he tomado yo la idèa que voy à dàr de la increìble extension de que es capàz el oro, quando lo hilan.

Un cylindro de plata de cerca de 22 pulgadas de largo, 15 lineas de diametro, y 45 marcos de peso, se dora con una cantidad de hojas de oro, que jamàs excede el peso de seis onzas, y tal vez casi se rebaxa hasta una. Este gruesso alambre dorado se passa succesivamente por los agujeros de una lamina de acero, que disminuyen poco à poco; de suerte, que alargandose el cylindro à expensas de su diametro, llega à quedar tan delgado como un cabello, y de una longitud de casi 97 leguas, de 2000 toésas cada una.

Mientras dura esta operacion, el oro se estiende sobre el hilo de plata, à proporcion que este se alarga; de forma, que se puede con-

(*) Mem. de la Academ. de las Cienc. año 1713. pag. 205. &c.

conſiderar como una vayna, ò cubierta, cuyas partes no permiten alguna ſenſible interrupcion. Eſta hebra de hilo dorado paſſa deſpues por entre dos cylindros de acero bruñido, que lo hacen perder la figura cylindrica, dexandolo en forma de hoja muy delgada, con la que ſe cubre una hebra de ſeda, que ſirve ſegun el deſtino que le dàn en las fabricas. En eſta ultima operacion el hilo de oro ſe alarga una ſeptima parte; y aſsi, en lugar de 97 leguas podèmos darle 111 de largo.

Suponiendo, pues, un hilo dorado, lo mas ligeramente que ſe pueda, tenemos una onza de oro, que ſe puede conſiderar como dos laminitas, de 111 leguas de largo cada una, ò de 222 las dos juntas. Pero ſi ſe repara, que la hebra, en aplaſtandoſe (por explicarme con claridad) entre los dos cylindros, y por conſiguiente las dos laminitas de oro, que la viſten, ſe enſanchan de caſi la octava parte de una linea, ſe podrà dividir aùn la latitud en dos partes: (pues una linea ſe divide muy bien en 16 porciones ſenſibles) y de eſta ſuerte en lugar de dos laminas ſe pueden contar quatro, que juntas ſeràn de 444 leguas de largo. Quántas toeſas, quántos pies, quántas pulgadas, quántas lineas havrà en una extenſion tan dilatada? Y ſi cada linea ſe divide ſolamente en 10 partes, quántas cifras ſeràn neceſſarias para explicar la ſuma de partes viſibles en una

onza de oro estendido en la dicha maquina? Casi no alcanza la imaginacion à tales numeros; pero para tener una idèa, bastarà comparar la superficie de nuestra onza de oro hilado, con la de una igual cantidad en hojas. Aquella es à esta como 2380 à 146 : fuera de esto, lo espeso de las hojas, por poco que sea, es siempre mucho mas considerable, que lo gruesso de la capa de oro con que se viste el hilo de plata: pues aquel apenas disminuye hasta la trigesima-milesima parte de una linea; y este llega à tal grado de sutileza, que excede la quingentesima-vigesimaquinta-milesima parte de una linea.

El arte imita mucho à la naturaleza, quanto al modo de hilar de esta suerte los metales. Antes que nosotros hilaron la seda los insectos, que nos proveen de ella. El gusano de seda trahe consigo un torno natural, en el que amólda aquel precioso hilo, con que fabrìca su capullo. Muchos curiosos, (*) que ponen grande atencion en las maravillas de la naturaleza, considerando la delicadeza suma de esta materia, han medido 300 varas de Francia, que no excedian el peso de dos granos y medio. El Cavallero de Reaumur, llevando à mas alto grado estas observaciones, ha encontrado, que los hilos de las arañas, como

(*) Boyle *de Mira subtilit. effluvior.* cap. 2.

mo ellas los producen immediatamente, y antes de unirlos para formar ſus telas, ſon reſpecto de un cabello menos grueſſos, que el hilo dorado, reſpecto del cylindro, de donde ſe tirò; y que ſu diametro apenas iguala el grueſſo de la ligera capa de oro, con que ſe viſte el hilo de plata.

Las experiencias, y obſervaciones, que acabamos de citar, prueban ſuficientemente, que todos los cuerpos, que ſe ſujetan à nueſtros ſentidos, no ſon mas que varios conjuntos formados por el concurſo de varias maſſas mas pequeñas: cada una de las quales ſe puede dividir aun en particulas, capaces en sì miſmas de diviſion, y de ſubdiviſion.

Si deſpues de dividida una materia, quanto nos es poſsible, reconocemos en un todo uniformes las moléculas, que la componen, le dámos el nombre de *ſimple*; ſuponemos, que todas ſus partes ſon de una miſma naturaleza, y las llamamos *homogeneas*, ſin que por eſto pretendamos que abſolutamente lo ſean, haſta que algun nuevo deſcubrimiento nos haga diſcurrir algun dia de otro modo.

Llamamos al contrario *cuerpos mixtos* aquellos, cuyas partes ſeparadas, en nada ſe aſſemejan, como las plantas, los animales, y cantidad de minerales, en cuya analyſis ſe vè, que varias materias eſſencialmente diverſas (que ſe llaman *heterogeneas*) concurren à la compoſicion de un miſmo todo.

Las

Las moléculas insensibles, que forman una massa continua, comunmente se unen de tal modo, que para separarlas es necessaria mucha fuerza: esta porcion de materia se llama cuerpo *duro*, ò *sólido*. Esta dureza, que hablando propriamente, no es mas que una mayor, ò menor tenacidad de partes, y que nunca es perfecta en los cuerpos, que conocèmos hasta aora, pues que siempre cede à una fuerza finita; esta dureza, digo, llega à disminuir hasta la *fluidèz*; es decir, hasta que la adherencia natural de las partes apenas baste para impedir, que no obedezcan libremente à su proprio peso, quando éste tira à mover las unas sobre las otras, y à mudar la figura de su todo. En fin, la *fluidèz* que comienza, quando los cuerpos dexan de mirarse como sólidos, aumenta hasta la *liquidèz*, que tambien tiene sus grados. Llamanse cuerpos *líquidos*, ò *licores*, los que se hallan en un estado, en que teniendo sus partes un libre movimiento unas con otras, obedecen con mútua independencia à los esfuerzos de su mismo peso, ò à la mas ligera fuerza, que se haga para separarlos: y su caracter mas distintivo, es no tener mas figura, que la que le dàn los vasos, en que se contienen, y disponer su mas alta superficie de modo, que quede paralela al horizonte. El agua, que cuela, v. gr. es un licór; el humo, que se levanta en el ayre, y muda à cada instante de

fi-

figura, es un fluido; y la piedra, que se labra à golpes del martillo, es un cuerpo sólido.

Por ahora nos contentamos con definir estos estados diversos de los cuerpos naturales; pues quando examinèmos sus causas, tendrèmos ocasion de hablar con mas extension.

SECCION SEGUNDA.

DE LA FIGURA DE LOS cuerpos.

TOdos los cuerpos tienen un tamaño determinado; no solamente aquellos, que tocamos con nuestros sentidos; mas tambien las partes de estos mismos cuerpos, segun el grado de delicadeza en que la division los ha puesto, y segun el orden en que se consideran. La pequeñèz no es una qualidad absoluta; nada es pequeño, sino en comparacion de algo mayor; y quando se supusiera el menor de todos los entes materiales, siempre serìa mayor que cada una de sus dos mitades.

El tamaño, ò (lo que es lo mismo) la mayor, ò menor extension de un cuerpo, es siempre limitada, segun las superficies que encierran la cantidad de materia, de que se compo-

nen,

nen. Esta cantidad de materia se llama *massa*; y el excesso, y diminucion de la superficie no interrumpida, que limìta el tamaño aparente, se llama su *volumen*.

El orden, ò disposicion, que toman entre sì las superficies, que termìnan el volumen de los cuerpos, es lo que se llama su *figura*. No pudiendo, pues, confundirse estas superficies, y distinguiendose siempre por relativas situaciones, es evidente, que tan comun es à los cuerpos la propriedad de estàr figurados, como la de estàr sólidamente estendidos, ò de tener muchas partes realmente distintas.

Pero estas propriedades por su tamaño, numero, y disposicion respectiva pueden variar infinitamente. Por esto todas las substancias materiales, à quien essencialmente conviene tener una figura en general, toman ésta, ù aquella en particular; y son tan variables, y quizàs tan varias entre sì, que es impossible combinar à un mismo tiempo el tamaño, el numero, y el orden de las superficies.

Esta propriedad, que se pudiera llamar *figurabilidad*, se estiende tan generalmente à todos los cuerpos, que se halla con ellos en qualquier estado en que estèn: conviene tanto à los que se mueven, como à los que se estàn quietos; no solo conviene à los sólidos; pero los fluidos, y licores toman su figura conforme à los obices, que se les ponen

pa-

para impedir que ſe derramen; el mar, los eſtanques, y los rios la toman de las coſtas, y riveras; el vino, de ſu tonèl; la llama, y el humo, del ayre, que los rodèa, &c.

Quando dos cuerpos à primera viſta parece que ſe termìnan de un miſmo modo, entonces ſe dice, que ſon muy parecidos en la figura: y aſsi llamamos cubos à los dados del juego de tablas reales; porque al primer aſpecto ſe preſenta cada uno de ellos con ſeis caras iguales: tambien decimos, que dos Soldados con un miſmo uniforme ſe parecen el uno al otro. Pero ſon muy eſtrechos los límites de eſta primera ſimilitud: pues ſolo ſe extiende à ciertos caractères generales, que apenas engañan à primera viſta: aun en los individuos de la eſpecie infima ſe deſcubre deſde luego una infinidad de diferencias, hecho un examen mas exacto. De ſuerte, que con muy juſta razon ſe pudiera decir, que es probable no haver en toda la naturaleza dos entes perfectamente ſemejantes ſobre todo, ſi à la variedad de la figura ſe añade la del color, y volumen. Quando echamos los ojos à un rebaño de ovejas, nos parece, que todas ſe aſſemejan; porque nos detenemos en las primeras aparencias; pero el Paſtor, à quien la coſtumbre ha hecho percebir la variedad, diſtingue muy bien las unas de las otras. En una grande multitud de pueblo no encontramos dos caras parecidas; y entre diez mil

 diſ-

distinguimos las facciones de una persona que buscamos; porque estamos acostumbrados à vèr hombres, y sabèmos no confundirlos.

Esta prodigiosa variedad de figuras, multiplicadas infinitas veces por los mas atentos en observar, conviene solamente à los cuerpos grandes; esto es, à aquellos que podèmos vèr, y tocar sin los socorros del Arte? ò conviene igualmente à las moléculas de estos mismos cuerpos? se estiende hasta aquellos que se nos vàn de la vista, que conocèmos con otros sentidos, que solo se dexan sentir, quando estàn muchos juntos, y que parece que la preocupacion anuncia sin figura; porque ordinariamente se ignora la que tienen?

Esta question queda decidida por la misma definicion, que hemos dado à la figura. Porque si ésta no es mas, que un conjunto de superficies, que terminan una cierta porcion de materia, es evidente, que un cuerpo, por pequeño que sea, se terminarà por sus superficies, y consiguientemente quedarà figurado.

Aunque la experiencia no pueda dàr la mano à toda la extension de este modo de discurrir, ni hacernos vèr figuras en donde quiera que creamos con razon que las hay; no obstante nos mostrarà, que han estado ocultas largo tiempo; que el Arte ha sabido descubrirlas; y aprenderèmos con exemplos muy curiosos, que no hemos de pretender concebir sin figu-

ra los cuerpos, en que nueſtros ſentidos no deſcubren raſtro de ella.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

HAviendo pueſto el Microſcopio (repreſentado en la *fig.* 6.) à la luz de una ventana, ò, ſi es de noche, à la de una vela baxa, de modo, que el eſpejo, que eſtà baxo la platina, ilumine por reflexion el agujero ſobre que cae la lente objetiva; ſe paſſa el primer vidrio, donde eſtàn los objetos, en el qual ſe havràn pueſto algunos granos de arena; ſe baxa, ò ſe ſube el cuerpo del Microſcopio haſta encontrar el punto de viſta neceſſario.

EFECTOS.

Haviendo aplicado la viſta, lo mas immediatamente que ſe pueda, à la primera lente ocular ſe perciben los granos de arena tranſparentes, como cryſtales, del tamaño de una nuez moſcada, angulares, y recortados de diferentes modos. (*Fig.* 7.)

EXPLICACION.

Aqui no explicarèmos los efectos que per-

tenecen directamente à la Optica; porque hablarèmos de ellos en otra parte. Solamente nos ceñirèmos à los que tienen relacion con la figura de los cuerpos, de que al presente se trata.

Quando fixamos la vista en un grano de arena ordinario, nos parece como un punto; la vista confunde las dimensiones; pero con el socorro del Microscopio el objeto parece mayor: facilmente se distinguen lineas, angulos, inflexiones, recortes, superficies: en una palabra, una figura bien terminada, en la qual se distinguen facilmente las diferencias, quando se compara con otra.

APLICACIONES.

Los granos de arena se han de considerar como otros tantos pedacitos de crystal muy duros, preparados por la naturaleza, y que el arte aplica con utilidad à varios usos. Por lo mismo que son pequeños, y angulares, son muy cómodos para estregar, y limpiar los metales, ù otros cuerpos mas duros, en que la lima, ò trinchete no halla pressa: en tal caso se mojan, para ayudar à su mobilidad, è impedir, que al fricarse mútuamente, no pierdan, con sus angulos cortantes, la propriedad que tienen de raer las materias mas sólidas.

La transparencia de la arena blanca la pone

en

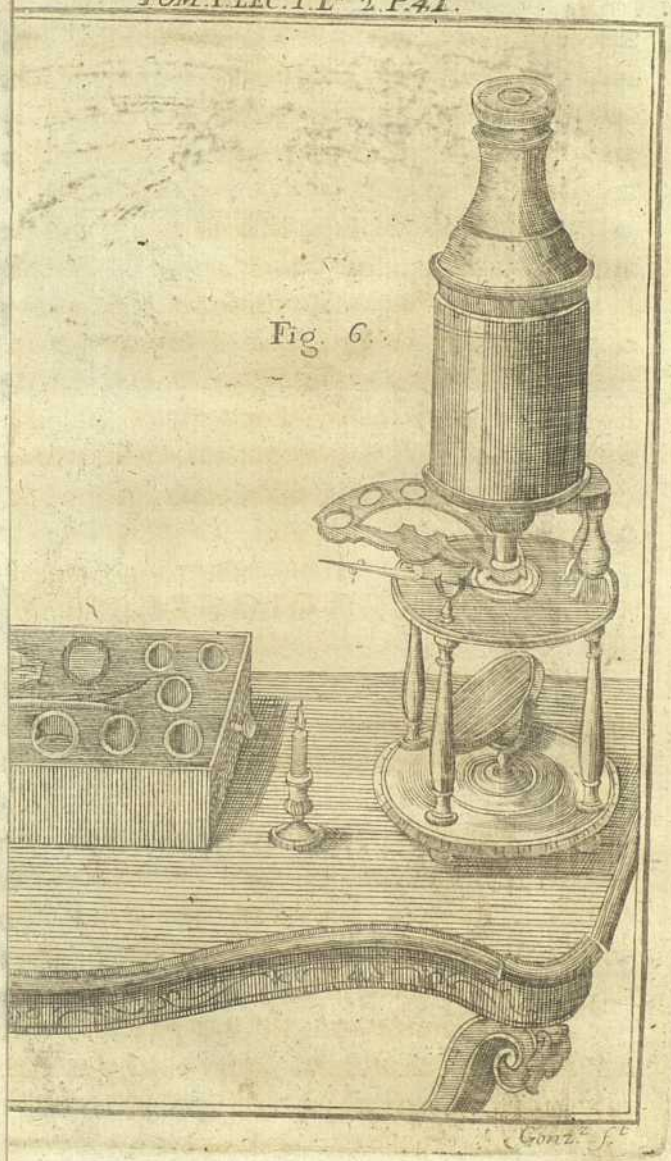


Fig. 6.
Gonz.z f.t


Fig. 6.
Gonz.z f.t

en mejor eſtado para otros uſos: ella es la baſe de todas las obras de vidrio; la mezcla de algunos ſales, y la accion de un fuego violentiſsimo, que la divide, y ſepara las heces, dexa ſus partes de forma que ſe puedan travàr, y formen una paſta ſuſceptible de todo genero de figuras, y en enfriandoſe, toma conſiſtencia, ſin perder lo diaphano.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

PAſſeſe, como arriba, el ſegundo vidrio, en que ſe havràn pueſto algunas gotas de agua ſalada, que ſe ha dexado ſecar.

EFECTOS.

Aplicada la viſta al Microſcopio, ſe dexan vèr unas moléculas, muy parecidas en la figura, quando la preparacion ſe ha hecho con la miſma ſal. Si, v. gr. ſe ha pueſto la de la mar, que comunmente ſe ſirve en las meſas; aparecen los granos en el Microſcopio en figura de cubos pequeños. (*Fig.* 8.)

EXPLICACIONES.

Mientras que la parte líquida ſe evapora, las

las partes de la sal, que el agua havia dividido, y que tenia en dissolucion, se fixan en el vidrio. Antes de esta operacion no basta el Microscopio para hacerlas visibles, por estàr demasiadamente divididas, y delgadas para poderse percebir; pero à medida que và faltando el licor, se vàn acercando unas à otras, y llegan à formar otras moléculas de mayor volumen. Y dado caso, que se quedassen tan pequeñas, como estaban en el agua, mostrarèmos en otra parte, que supuestos los cuerpos diaphanos de igual tamaño, se vèn mejor los que estàn en el ayre, que los que estuvieren en otro líquido transparente mas material.

Cada especie de sal, que se crystaliza, ordinariamente parece, que toma la figura propria suya, que verisimilmente depende de la que tienen sus partes mas diminutas. La de la mar, v. gr. toma la figura de cubos; el salitre, de agujas; el azucar, de globulos, &c. (Vid. *fig.* 9. *y* 10.)

APLICACIONES.

De ningun modo es una qualidad particular à las sales la uniformidad de figuras en las moléculas; muchos otros exemplos se encuentran especialmente en el genero mineral. El crystal de roca, y la mayor parte de las piedras transparentes, assi grandes, como pequeñas,

ñas, se vèn comunmente en forma de prisma, ò de pyramide exágona; pero no se ha de inferir del particular al universal, que las partes insensibles de todos los cuerpos son otros tantos modélos de lo que ellos son en mayor volumen.

La extrema divisibilidad, y la figura angular, y puntiaguda de las particulas de la sal, la hace facilmente penetrar los poros de todas las materias animales, vegetables, sólidas, ò líquidas: y por esto se usa de ella para conservarlas. Porque no siendo la corrupcion mas que una confusion de partes, que muda el estado de las moléculas en los cuerpos mixtos; todo aquello, que podrà contener estas partes en el orden, en que las dispuso la naturaleza, impedirà necessariamente la alteracion de los compuestos, que resultan de su conjuncion; y al contrario todo aquello, que diere lugar al movimiento de las partes mas diminutas, ocasionarà corrupcion. Ahora bien: las particulas salinas, como otras tantas cuñas, llenan los vacuolos, sostienen, y fortalecen las sólidas, impiden que passe adelante la evaporacion; y à lo menos, conservan por algun tiempo el estado natural. De este modo dura mas tiempo la carne salada para servirnos de ella; y las frutas confitadas en azucar se guardan muchos años.

Esta portentosa variedad de figuras, que se observa en todos los cuerpos inanimados, y

en

en las pequeñas massas, que los componen, nō es menor, ni menos admirable en el genero animal. El mismo instrumento, que acaba de mostrarnos los angulos, y puntos de las partes salinas, nos descubre un nuevo mundo de pequeños entes vivientes, de insectos diminutos, en cuya existencia jamàs huvieramos pensado, cuyas formas ciertamente no huvieramos adivinado, y en cuyo conocimiento hemos de ser algo curiosos. Por lo qual añadirè aùn la experiencia siguiente, para acabar de mostrar lo muy varia que ha sido la naturaleza en la figura de los cuerpos en toda especie.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POR la lente objetiva del Microscopio se hace passar el tercer vidrio del *porta-objetos*, en el qual se havrà dexado caer con la punta de un escarba-dientes una gotica de uno de los licores, de que voy à dàr la preparacion.

Primero. En un vaso de agua, algo ancho de boca, se pondrà un poco de heno picado, una poca de paja, algunas flores de diferentes especies, y algunas partes de qualesquiera plantas: durante una semana se expondrà al ayre libre, pero à la sombra, si hace calor; y si hay

co-

comodidad, y no ſe quiere eſperar, ſe ſacarà de algun cenagàl, en donde huviere verdina, ò algunas otras plantas aquaticas.

Segundo: En una redoma de vidrio ſe echarà un poco de vinagre comun, y ſe dexarà deſtapada.

Tercero: En un vaſo de beber, ò en otro equivalente, ſe guardarà por cinco, ò ſeis dias una poca de agua de la que ſe encuentra en las conchas de las oſtras, quando ſe abren.

EFECTOS.

En el primer licor ſe percibe una infinidad de animalejos, que parecen de diverſas eſpecies, (*fig.* 11.) ſea por ſu figura, ſea por el modo de moverſe, extremamente vario. Los unos, que parecen como unas bolitas *a*, ſe diſparan en linea recta, y al mudar de direccion dexan ſiempre formado un angulo bien diſtinto. Los otros *b* mas largos, y de figura ovàl, no hacen mas que dàr vueltas; en muchos ſe perciben diſtintamente las patillas, una cola como horquilla, y una eſpecie de cuernos. Otros *c* anillados ſe mueven, como las lombrices, ò como las ſanguijuelas. En algunos ſe diſtinguen los principales organos, y la circulacion de los humores; y por poca atencion que ſe ponga en obſervarlos, preſto ſe deſcubre la cauſa final de ſus movimientos, porque ſe devoran unos

à otros, y se conoce, que aquellos enderezan la proa para abordar à los otros, que procuran no quedar prisioneros.

En el vinagre, que se dexa al ayre algunos dias en tiempo templado, (*fig.* 12.) se vèn unos insectos, que se parecen mucho en su figura à las anguilas pequeñitas muy vivas. Raras veces sucede que se vèan mezclados con otros animales, que al parecer sean de diversa especie.

El agua de las ostras contiene un numeró infinito de animalejos, (*fig.* 13.) muy parecidos en la figura, y modo de moverse: la gota de agua, en que nadan, parece un grande estanque, en que se vè hormiguear una cantidad prodigiosa de carpas sin aletas, y sin cola: y es tal la transparencia de sus cuerpos, que facilmente se distinguen las partes interiores.

EXPLICACIONES.

La naturaleza ha variado tanto, y quizàs mas, la figura de los mas pequeñitos animales, que la de los grandes; pero no es menos constante, y uniforme en éstos, que en aquellos, segun su especie. Y asi, las anguilas, que se vèn en el vinagre preparado del modo que hemos dicho, no difieren mas que en el tamaño; y el agua de las ostras de ordinario no contiene otros animales distintos de los yà mencionados.

No

No obſtante, el primer licor contiene muchos, que ni ſe parecen en la figura, ni en el modo de moverſe; pero de aqui no ſe infiere, que la figura de eſtas maquinas animadas ſea efecto del acaſo: y que una miſma, y ſola eſpecie afecte indiferentemente éſta, ò aquella. El licor, de que aqui ſe trata, es una infuſion de muchas eſpecies de plantas, en donde diverſos animales encuentran ſu alimento; el agua comun, que es la baſe, es un medio, que puede convenir al miſmo tiempo à los que ſon voraces, y à los que ſe ſuſtentan con yerbas. En un agua miſma vive el Lucio, y vive la Carpa, aunque uno, y otro no ſe mantengan con la miſma eſpecie de alimento. En la Hiſtoria de los Inſectos hallamos un gran numero de exemplos, que convienen mas directa, è immediatamente con eſta ſupoſicion. No ſucede aſsi con el agua de las oſtras, ò con el vinagre. Es muy probable, que eſtos dos licores no contienen ſino à muy pocas eſpecies de eſtos animalejos: y veroſimilmente habitan un medio que los defiende de la perſecucion de los otros. Muchas veces he intentado juntar los inſectos de agua dulce, con los del vinagre, ò con los del agua de oſtras, y ſiempre los primeros han muerto prontamente.

APLICACIONES.

Mucho tiempo se han creìdo los insectos hijos de la corrupcion, y podredumbre de otros cuerpos. El error de los antiguos, por lo que mira à su origen, fuè tan grande, que creyeron podian darles vida con el artificio; observando ciertos modos de proceder, de que no dudaron dàr las recetas. No han faltado Philosophos, que han procurado confirmar, y dàr razon de lo que el vulgo havia establecido: y los systémas, que han nacido de esta opinion, han hallado Protectores hasta en estos tiempos. Pero podrà sostenerse la mas ingeniosa hypotesis contra unos hechos, que no admiten la menor duda? Los Naturalistas modernos, mas impuestos que los antiguos en la Historia de los Insectos, les han dado un origen mas noble, y verdadero: haviendo reconocido, y comprobado con observaciones, que no dexan alguna duda, que la generacion de estos animalillos es tan arreglada, y de una uniformidad tan constante, en cada especie, como lo puede ser la de los Leones, Cavallos, &c. Han respondido con experiencias decisivas à las apariencias engañosas, y nada profundas, en que se fundaba la opinion antigua. En tal materia corrupta (decian) se vèn gusanos, y moscas: se podrà dudàr, que estos animá-

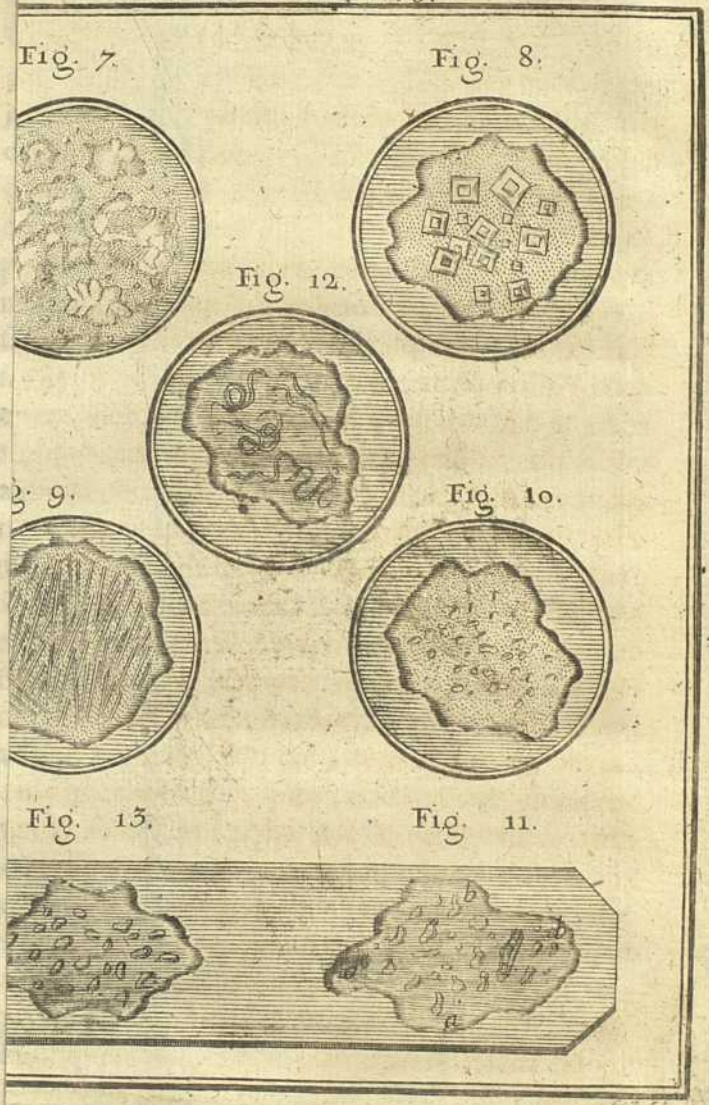


Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 12.
g. 9.
Fig. 10.
Fig. 13.
Fig. 11.
b
a

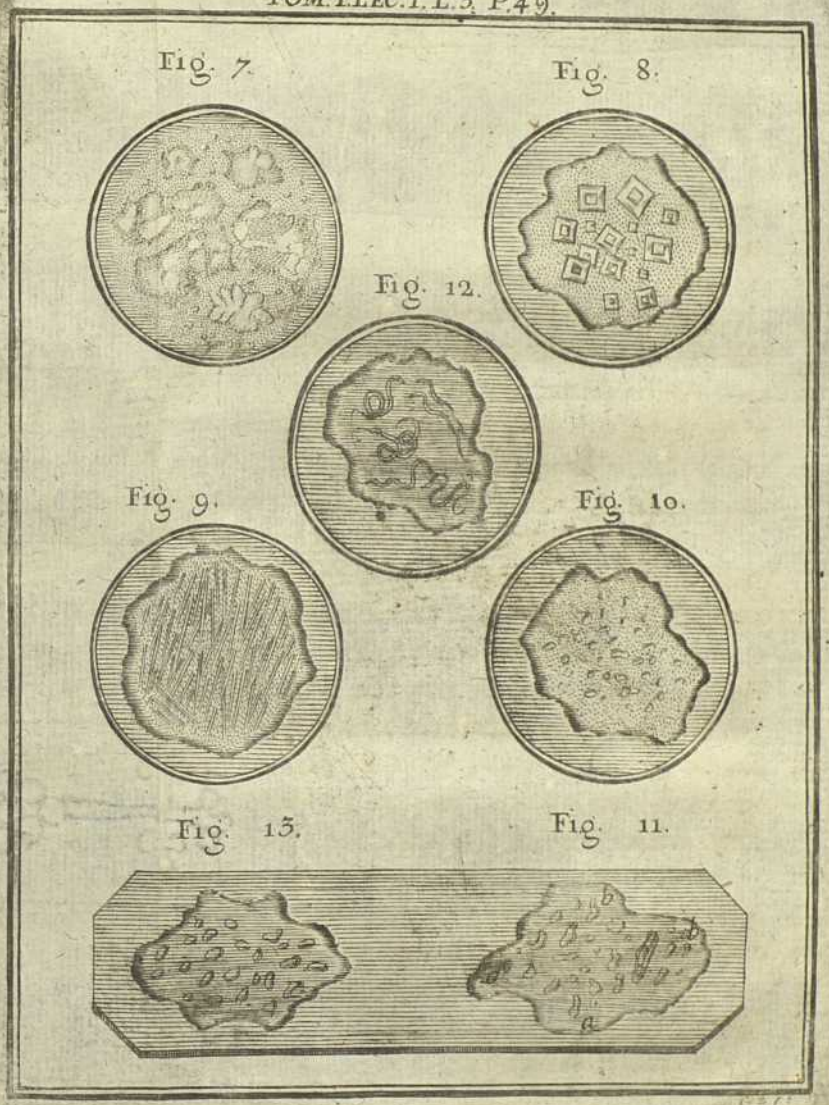


Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 12.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 13.
Fig. 11.
a

males no deban ſu exiſtencia à eſta corrupcion? Como ſi ſe pudiera inferir, que un cavallo muerto engendra cuervos, porque eſtos ſe juntan à ſaciar ſu voracidad; ò que un prado engendra corderos, porque paſten en èl muchas manadas. Tuviera diſculpa en ſu ſoſpecha el que ignoraſſe, que los paxaros anidan para perpetuar ſu eſpecie, y que el cordero nace de la oveja. Si de algun modo ſon excuſables los primeros que ſe engañaron con falſas apariencias, por no eſtàr nada impueſtos en la manera con que nacen eſtos animalejos, tan diferentes entre sì por ſus talles, y figuras; al preſente, que ſe ſabe el modo, con que nacen los que por viſibles ſe dexan obſervar, no es juſto penſar que la naturaleza, tan conforme en ſus operaciones, tome otros caminos para multiplicar los que, por muy pequeños, apenas pueden diſtinguirſe con el Microſcopio; ni menos que dexe en manos del acaſo el cuidado de darlos à luz.

No creamos, pues, de ningun modo, que las anguilas pequeñuelas del vinagre, ni los animalitos, que ſe obſervan en las infuſiones de las plantas, ſean particulas podridas de eſtos vegetables, convertidas en cuerpos vivientes. La experiencia nos enſeña, que en tapando los vaſos, nada ſe engendra; ſe debe sí diſcurrir, que eſtando deſtapados, el ayre ſe lleva las madres de uno, y otro lado, y éſtas

de-

deponen allì los huevos, ò gusanillos, como en un lugar proprio para que se estiendan, se nutran, y hacerlos que crezcan. Esta conjetura (si lo es) se confirma con sólidos exemplos: quántas especies de moscas vèmos, que ponen sus huevos en el agua estancada, en que saliendo de la cascara el gusanillo, se nutre, y crece, hasta que llegado el tiempo de su metamorphòsis, se levanta en el ayre con una nueva forma, y con alas, que lo hacen un traslado de su madre?

No es justo detenerme mas en esta materia, por mucho que interesse; el que quisiere imponerse en ella mas à la larga, podrà consultar la Historia de los Insectos del Cavallero Reaumur; alli sì que travarà amistad con este nueblo pueblo; pues vèrlo por los ojos de un tal Observador, es vèrlo perfectamente. Solo me contentarè con notar aqui, que si à alguno le hace impression esta prodigiosa variedad de figuras, con que la naturaleza ha distinguido los cuerpos mas diminutos; ninguna especie subministra mas materia à nuestra curiosidad, que la de los Insectos: en que à un mismo tiempo se deben admirar las diferencias que las caracterizan, y la uniformidad, que reyna en cada una.

SEC-

SECCION TERCERA.

DE LA SOLIDÈZ DE LOS cuerpos.

LA *solidèz* de un cuerpo no es mas que la cantidad de materia envuelta en ſu volumen. Digo *envuelta en ſu volumen*; porque en el caſo en que una materia eſtraña penetraſſe libremente los poros de un cuerpo, y exercieſſe en ellos ſu movimiento con independencia, como el agua del rio, que interiormente baña un monton de piedras, que eſtàn fixas en ſu madre; eſta materia no ſervirìa de nada para la ſolidèz, de que aqui ſe trata. Al contrario la aumentarìa, ſi ſe fixaſſe, è hicieſſe un cuerpo con el miſmo volumen; como en el exemplo que acabamos de citar, ſi el agua ſe helaſſe al paſſar por entre las piedras amontonadas. Un ceſto abierto por todas partes, y metido en un fluido, no tiene mas, que ſu propria ſolidèz. Si es un pedazo de leño, queda tanto mas ſólido, quanto es mayor la cantidad de agua que lo penetra, y que ſe une con ſu maſſa.

El ſer ſólido, es una propriedad, no ſolo co-

comun, pero essencial à todos los cuerpos, yà se consideren como un todo, yà se atienda precisamente à sus partes mas simples. Tambien es la señal menos equívoca de su existencia. Las ilusiones de la Optica tal vez engañan nuestra vista; y nos vèmos tentados de creer realidad, lo que no es mas que apariencia; pero en llegando à tocar, nos asseguramos de la verdad, por la intíma persuasion, en que estamos, de que todo lo que es cuerpo, es sólido, y por lo tanto capàz de resistencia; y que no se puede poner la mano, ò otra qualquier cosa en un sitio en que haya materia, sin emplear una fuerza capàz de echarla ácia otra parte.

Toda resistencia physica, pues, indìca una mayor, ò menor solidèz real: Verdad tan contestada, que no creo necessite mas prueba, que la costumbre que tenèmos de confundir las dos idèas; aunque, hablando exactamente, la una representa la causa, y la otra el efecto. Pero no falta ocasion, en que una, y otra (la solidèz, y la resistencia) se nos pierdan de vista. Ciertos cuerpos nos tocan sin parar, y nos tocan igualmente por todas partes; pero la costumbre ha familiarizado tanto su contacto, que nos es preciso hacer reflexion para advertir la impression que hacen en nosotros. Quando hace calma, casi nadie piensa que tiene que vencer la resistencia de un cuerpo, cuya solidèz se opone

al

al movimiento. Si ſe ſaliera de la atmoſphera, para volver à entrar en ella, ſe ſentiria la impreſsion del ayre, ſin hacer reflexion, aſsi como ſe ſiente la del agua, eſtando en ella.

Lo que nos hace perder de viſta la ſolidèz de los fluidos, es, que no haviendo dependencia entre ſus partes, y ſiendo de una pequeñèz, que excede en mucho la delicadeza de nueſtros ſentidos, ceden al menor esfuerzo, ſobre todo, quando la cantidad es corta: y penſamos, que nueſtra accion es ninguna, por muy pequeña.

Supueſto, que los fluidos ſon los ſolos cuerpos, cuya ſolidèz neceſsite de alguna prueba, y que la gran facilidad con que ceden, pudiera ſer fundamento al que no puſiere atencion, para creer que eſta eſpecie de cuerpos es incapàz de reſiſtencia; los preferirèmos en nueſtras pruebas de hecho, eſcogiendo al ayre, como el menos ſólido de todos los que pueden conſervarſe en un vaſo tapado; para que de la ſolidèz bien fundada en las experiencias ſe infiera *à fortiori* el miſmo efecto en los demàs cuerpos.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EChense dos, ò tres azumbres de agua clara en un vaso de crystal, (*fig.* 14.) y echese à nadàr un pedacito de corcho A; despues el vaso B, se baxa perpendicularmente, para que el ayre, que en èl se contiene, no pueda salirse.

EFECTOS.

A medida que baxa el vaso B, baxa tambien la parte de la superficie del agua, que corresponde à la boca; y esto se hace sensible por el pedacito de corcho, que nada encima, y muestra que no éntra agua ninguna en el vaso B.

EXPLICACION.

El vaso B contiene una columna de ayre, que llena toda su capacidad: esta massa fluida, aunque poco material, no obstante se compone de partes realmente sólidas, que no pueden ceder su sitio à otro cuerpo, mientras no se les diere otro, para que lo ocupen. Estando cerrado el tal vaso por todas partes; y siendo

mas

mas pesada que el ayre el agua, que se le pone à la boca; no puede aquel salir de su sitio; y componiendose de partes sólidas, hace con el agua, que encuentra, lo que hiciera con otro qualquier cuerpo, en que se travassen las partes. Y asi, la superficie del agua baxa quanto baxáre el vaso que contiene el ayre: esto lo hace evidente el corcho que està encima.

Aunque el ayre del vaso B se oponga al agua, que hace sus esfuerzos por entrar en èl, su resistencia no es tal, que enteramente la excluya. En otra parte verèmos, que una massa de ayre es un cuerpo flexible, y que quando lo fuerzan, puede reducirse à menor volumen; mostrarèmos tambien, que un cuerpo està mas oprimido en un fluido, quanto se acercáre mas al fondo. Supuestos una vez estos dos principios, facilmente se explica, por què, no obstante la resistencia del ayre, se levanta el agua en el vaso B: lo qual tambien sucederìa en caso de substituir al ayre qualquiera otra materia flexible, è incapàz de mezclarse con el agua; como lo probarèmos en hablando de la compressibilidad de los cuerpos. Pero sea como se fuesse, por mas adentro que se meta el vaso B, jamàs el agua destruirà todo el volumen de ayre, para ocupar todo su sitio. Una vez que el esfuerzo que se hace en la base, haya apretado las partes todo lo posible, no hay fuerza ninguna que pueda reducirlas à ocupar un espacio mas

pequeño. Esto basta para probar, que el ayre tiene una solidèz absoluta, como todos los otros cuerpos.

APLICACIONES.

Por poco que se discurra sobre la Experiencia precedente, se sabrà por què no puede llenarse un jarro, ò qualquier otro vaso semejante, quando se mete boca abaxo en el agua; por què no es bueno para llenar una botella un embudo, que ajuste demasiado con el cuello; y se sabe tambien la necessidad de recurrir à ciertos modos extraordinarios para llenar los vasos que tuvieren la boca muy estrecha, como la cazoleta de la 3. *Exper. Secc.* 1. Siempre miramos como vacìo, lo que solo està lleno de ayre, yà sea por preocupacion, ò yà porque estamos acostumbrados à vivir en èl; con esta confianza mal fundada creèmos, que para llenar un vaso, no hay mas que aplicarle el licor à la boca; pero debieramos advertir, que toda su capacidad està llena de ayre, como lo estuviera de agua, si se huviera fabricado en el fondo de un estanque, de donde nunca lo huviessen sacado: debieramos discurrir fuera de ésto, que siendo sólidas las partes del ayre, no se ha de intentar alojarlas en un mismo sitio con otro cuerpo; y que assi, para echar agua, ò vino en una botella, es necessario, que el ayre pueda

da ſalir por entre el cuello, y el embudo, y de eſta ſuerte dexàr ſitio deſocupado al licor. Pero quando el embudo ajuſta de tal modo, que no puede dexàr el paſſo libre à dos materias, que paſſan en ſentido contrário; eſto es, al licor que éntra, y al ayre que ſale; entonces ſe haràn paſſar ſucceſsivamente. Por eſſo, quando ſe quiere echar el eſpiritu de eſpliego en la mencionada cazoleta, lo primero es calentarla; y quando la accion del fuego ha hecho ſalir una buena porcion del ayre, que eſtaba dentro, ſe mete el cuello en el licor, y éſte éntra à ocupar el ſitio vacìo. Por ahora ſolo conſiderarèmos en eſte efecto la ſalida de un fluido, que ha de preceder à la entrada de otro. Quando expliquèmos las propriedades del ayre, darèmos à conocer el modo con que un vaſo, que ſe pone à calentar, pierde una gran porcion del ayre, que eſtaba dentro.

En la Experiencia precedente diximos, por què no puede ſalir el ayre del vaſo B: por la miſma razon permanece en la campana del buzo, y le ſirve para reſpirar por algun tiempo. Al contrario, para ſacar un licor de un vaſo, ſin moverlo de ſu ſitio, es excelente una eſpecie de flauta, ò cañoncito ancho por abaxo, como eſtà en la *fig.* 15. Porque eſtando abierto en C eſte inſtrumento, el ayre encuentra ſalida, y ſe eſcapa à medida que el licor

en-

entra por el orificio D; y la Experiencia siguiente nos enseñarà el modo de transportarlo lleno, valiendose del ayre exterior.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 16. representa una especie de fuente, que tiene el cañon EF abierto por las dos extremidades; la extremidad E dista como cosa de dos lineas de la tassa GH, que tiene un agujero en el centro: el globo IK se llenarà de agua cosa de $\frac{3}{4}$.

EFECTOS.

La fuente corre en diferentes veces por las piqueras 1, 2, 3, 4, mientras que el agua contenida en el glóbo pueda concurrir à dicho efecto.

EXPLICACION.

Como quiera que el cañon EF estè abierto, dexa el passo libre al ayre, que hace su impresion interiormente sobre la superficie del agua en IK. Entonces concurren dos causas à la salida del agua: el peso de ésta, y la pression del ayre interior. Esta segunda halla contra-

trapeſo en la reſiſtencia del ayre exterior, que correſponde à las bocas de las piqueras 1, 2, 3, 4, y que ſe opone por defuera à la deſcarga del agua con una fuerza igual à la preſsion interior, que la intenta echar fuera; la primera cauſa (el peſo del agua) queda con toda ſu fuerza, y baſta para hacerla ſalir. Pero ſi llega à taparſe el cañon EF, faltando la preſsion del ayre interior ſobre la ſuperficie del agua en IK, dexa obrar libremente al exterior; y ſiendo mayor la reſiſtencia de éſte, que el peſo del agua, éſta dexa de ſalir. Muchos ſe ſirven ingenioſamente para eſtas intermitencias de la miſma agua que ſale. Pues no pudiendo éſta ſalir de la taſſa GH, ſino por el agujero del centro; en poco tiempo hay baſtante para tocar en la extremidad E del cañon: y aſsi, haſta que haya colado, no puede deſtaparſe el dicho cañon, y dexàr paſſo libre al ayre.

APLICACIONES.

En diverſos parages ſe hallan manantiales intermitentes, cuyos deſaguaderos ſon periódicos. Eſtos efectos naturales, que ordinariamente ſe hallan cerca de las montañas, dependen comunmente de varias cauſas, que concurren à un miſmo fin. Pero como las diferentes explicaciones, que les dàn, ſe fundan por la mayor parte en ciertas propriedades del ayre, que

aun

aun todavia no hemos dado à conocer, dexarèmos de referirlas, hasta que el orden propuesto en esta Obra nos determine lugar proprio para tratàr de este fluido. Aqui solo supondrèmos (y en esto conviene con todos los otros cuerpos) que el ayre es capàz de resistir, y operar sobre otras materias; y de esto hallamos pruebas, no solo en las experiencias, que acabamos de citàr, pero aun en muchos efectos, que cada dia tenèmos à la vista en varias ocasiones.

La necessidad de tener abierta la parte C del instrumento arriba (*fig.* 15.) citado, para dàr entrada al agua por la extremidad D, muestra claramente la resistencia de el ayre, que quedarìa encerrado. Pero para transportar el licor, que se ha sacado, es necessario valerse de la resistencia exterior. Tapando con el dedo la parte *c* del cañon, se dexa libre al ayre exterior, para que oponga toda su fuerza en *d* à la caìda del líquido. Las lamparas, y tinteros, que tienen la figura de una botella boca abaxo, como en la *fig.* 17. no son mas que diversos exemplos de los mismos efectos. Si se hiciera una aberturita en la parte superior L del vaso, entonces se hallarìa el licor entre dos potencias iguales; porque el ayre, que resistirìa en M, estarìa solamente en equilibrio, con el que harìa la presion en L; y el aceyte, ò tinta obedecerìa libremente à su mismo peso, que no le

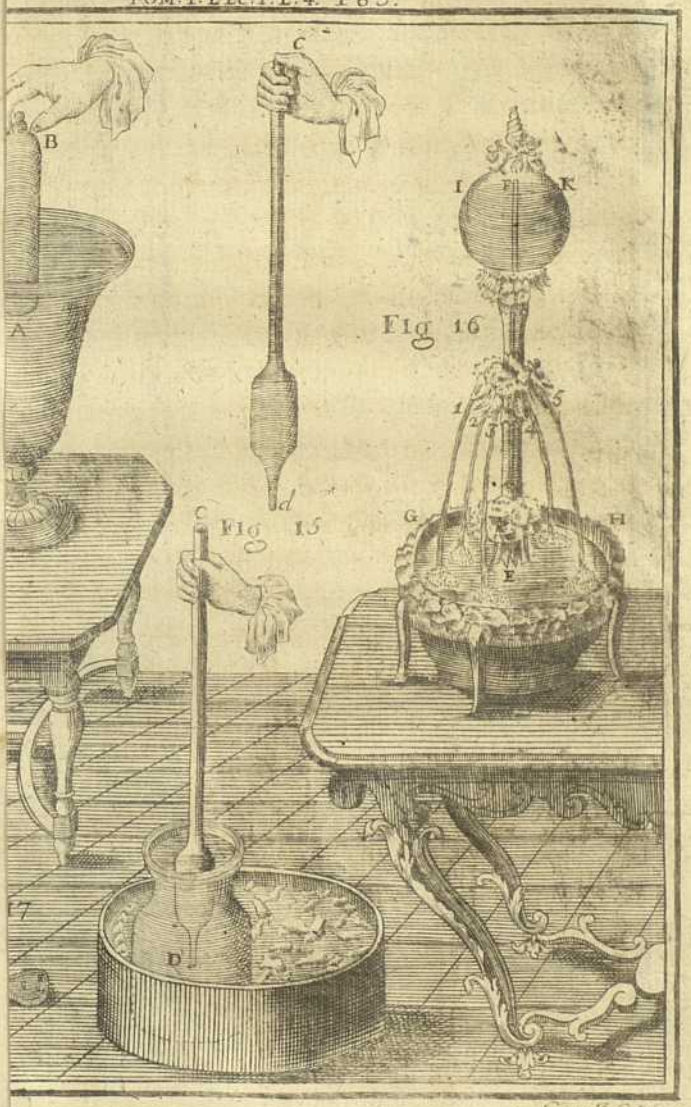
per

permitirìa quedàr mas arriba de ſu nivèl. Pero mientras el vaſo eſtuviere tapado por arriba, le quedan baſtantes fuerzas al ayre, que reſiſte en M, para detener el licor. Un tonèl bien lleno, aunque ſe tuerza la canilla, ſe burla del que lo abre, ſi éſte no tiene la advertencia de dàrle ayre por arriba. Por la miſma razon una botella bien tapada, con un agujero en el fondo, inunda, y engaña al que ſe la dieron para abrirla.

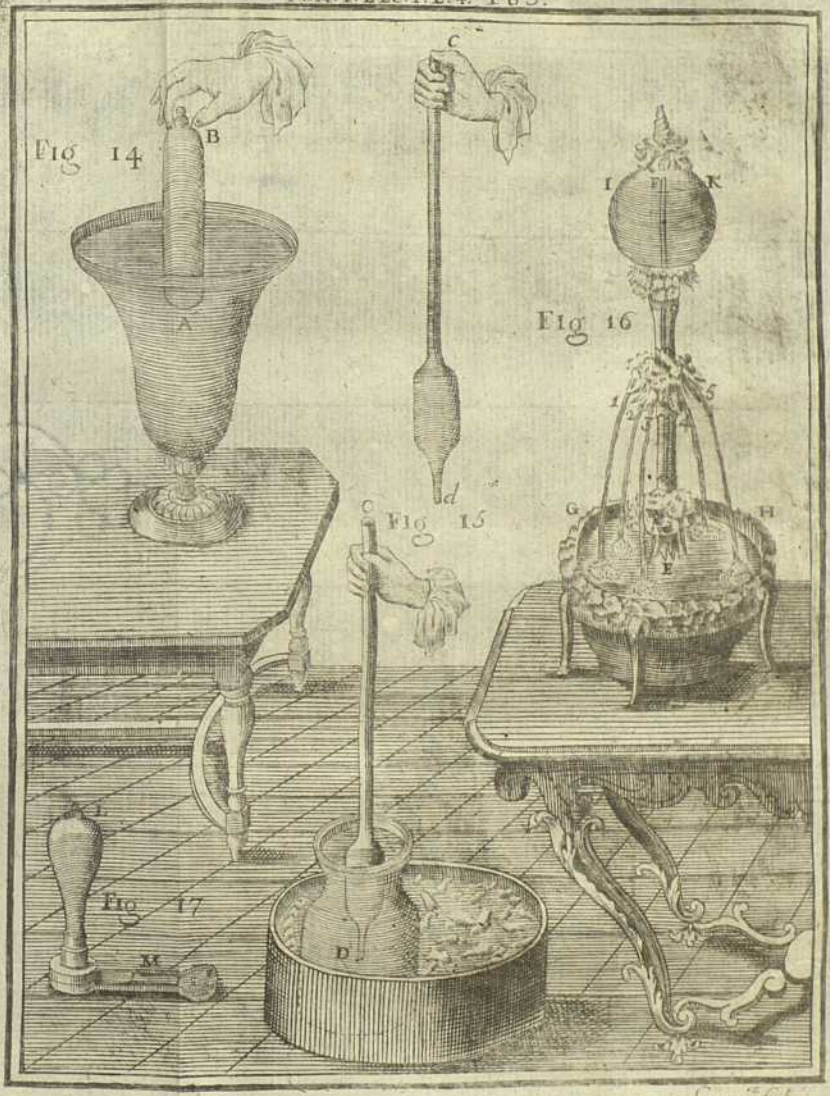
La ſolidèz de los cuerpos ſe llama tambien *Impenetralidad*; pero eſte termino neceſſita de explicacion, para obviar à las objeciones tomadas de ciertas experiencias, en que parece, que muchas materias mezcladas entre sì, confunden ſus tamaños, y mútuamente ſe penetran. Una eſponja v. gr. embebe una gran cantidad de agua, que al parecer pierde ſu proprio volumen; pueſto que el que le queda deſpues de eſta operacion, no ſe aumenta ſenſiblemente; un vaſo lleno de ceniza, ò de arena admite aùn una gran cantidad de licor; y el eſpiritu de vino, mezclado con agua en igual porcion, ocupa menos ſitio en el vaſo, que el que ocupaba antes de la mezcla. Con que ſegun éſto, la materia es penetrable? y ſi no lo es, cómo ſe ha de entender ſu impenetrabilidad?

Mucho cuidado, y exactitud ſe neceſsita para no confundir el tamaño aparente con la

solidèz real de los cuerpos. Las partes indivisibles (si hay algunas) son absolutamente impenetrables. Y verosimilmente ninguna materia penetra jamàs aùn aquellas que son como de un orden inferior, y que comienzan yà à recibir algun genero de composicion; en una palabra, en todos los cuerpos, sean los que se fueren, hay una cierta cantidad de partes, que ocupan de tal modo un sitio, que necessariamente excluyen de èl todo otro cuerpo. Pero estas partes sólidas, è impenetrables, que propriamente constituyen la verdadera materia de estos cuerpos, no estàn de tal modo juntas entre sì, que no dexen algunos espacios, yà vacìos, ò yà llenos, de otra materia, que no tiene ninguna union con la otra, y que cede facilmente el lugar à todo lo que se le presenta para excluirla. Admitiendo, pues, estos pequeños intersticios, cuya existencia probarèmos en la Leccion siguiente, se concibe con gran facilidad, que la impenetrabilidad de los cuerpos se ha de entendèr unicamente de las partes sólidas, que estàn unidas entre sì en el todo mismo, y no del compuesto que resulta de ellas.



Gonz.a f.



Gonz. f.

LECCION II.

DE LA POROSIDAD, Compresibilidad, y Elasticidad de los cuerpos.

SECCION PRIMERA.

DE LA POROSIDAD.

LA Porosidad de los cuerpos no es otra cosa que el vacìo que se halla entre sus partes sólidas. Y por esta palabra *vacìo* no querèmos que se entiendan espacios privados de toda materia. No se puede dudàr, que la mayor parte de estos intersticios està ocupada de varios fluidos, cuya presencia se muestra con mil pruebas. Quando se echa en el agua una esponja seca, ò un pedazo de piedra nada dura, conforme se vàn empapando, se vè salir el ayre en gran cantidad: y algunas materias humedas, conforme se vàn secando, vàn

quedando mas ligeras, à medida que pierden por la evaporacion las particulas, que la porosidad havia recibido. Estos corpusculos estraños no llenan sino los grandes vacìos: la materia del fuego, y de la luz, que vèmos introducirse en los cuerpos impenetrables, en el agua, en el ayre, &c. no nos dexan duda de la existencia de otros poros de orden distinto, que se llenan de estos fluidos, mucho menos espesos que los otros; pero quando se considera la materia propria de un cuerpo, siempre se prescinde de aquellas partes estrangeras, que siguen otras leyes, y que no comunican à las otras sus afecciones. Se puede tambien creer, que fuera de estos vácuos, (que no lo son, si hablamos propriamente, pues que estàn llenos de otra materia) hay otros mas pequeños, y que lo son en efecto: esto parece que lo pide la libertad, que se requiere para los movimientos; pero si ellos existen en la naturaleza, no admiten ninguna prueba experimental. Exceptuando, pues, todas las partes simples, y primordiales de los cuerpos, quede establecido, como una proposicion general, que todo lo que se compone de partes materiales, es poroso; assi los cuerpos duros, como los liquidos; assi los orgánicos, como los que no lo son; y la diferencia sola, que podrà haver entre ellos, serà el tamaño, el numero, la figura, ò la disposicion de los poros.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA figura primera representa una máquina Pneumatica, sobre cuya platìna se pone un cañon de vidrio NO, que termìna por arriba en un vaso P de encina, hecho al hilo de la madera. El fondo tendrà cerca de tres lineas de gruesso. Se llenarà de agua, y se harà andar la bomba.

EFECTOS.

Haviendo hecho subir, y baxar el embolo de la bomba algunas veces, el agua contenida en el vaso traspassa el fondo, y cae à gotas en el cañon de vidrio. La madera se hincha, y tal vez el vaso se hiende.

EXPLICACION.

La máquina Pneumatica es un instrumento que sirve para sacàr el ayre contenido en un vaso. Aqui, ni hablarèmos de su construccion, ni de sus usos diferentes, por ser ageno de este sitio, y porque naturalmente hallarèmos su lugar proprio en las Lecciones sobre las propriedades del ayre. Bastarà decir por ahora, que

en

en haciendo andàr la bomba de esta máquina, se puede sacàr el ayre contenido en el cañon de vidrio NO de la Experiencia presente.

Un pedazo de palo, mirado à lo largo, es un conjunto, ò un hacecito de menudas fibras envueltas en la cascara, que les sirve de capa comun. Se puede formàr de ésto una idèa (poco delicada à la verdad) representandose un manojo de pajuelas envueltas en alguna cosa. Por muy sutiles que sean las fibras de la madera, nunca se acercan entre sì, de modo, que no queden algunos intersticios, que formen otros tantos canales. Al labrar el vaso de nuestra Experiencia, se reduxo el tamaño de éstos al gruesso del fondo, que serà de dos, ò tres lineas: y asi el dicho fondo se puede considerar como una criba llena de agujeros; no obstante, los poros de la encina son tan sutìles, que no basta el peso del agua para abrir el passo: es menester valerse de otra fuerza, que ponga al agua en estado de ensanchar el camino, y penetrar: aqui nos valèmos de la presion del ayre exterior, que se exercita siempre sobre la superficie del agua; pero que no puede producir su efecto, hasta que se disminuye, ò se vence la resistencia del que se contiene en el cañon de vidrio, y que mientras dura alli, està en equilibrio con el otro. Y asi, haviendo hecho andàr la bomba, el agua, oprimida por defuera, no hallando resistencia en el cañon NO,

pas-

paſſa por los poros del vaſo, y ſe reune en gotas, que al caer forman una eſpecie de lluvia.

Los poros no han podido enſancharſe, ſin que las partes ſólidas de la madera ſe hayan apartado unas de otras, y ſin que ſe haya eſtendido la ſuperficie. Pero ſi la circunferencia que el agua penetra menos, no ſe eſtiende à proporcion que el centro, el fondo del vaſo ſe encorbarà, ò el vaſo miſmo ſe abrirà por alguna parte.

APLICACIONES.

Las maderas que ſe llaman *blandas* (porque ſiendo mas poroſas que las otras, ſe cortan mas facilmente) ſe humedecen, quando eſtàn mas ſecas, que el ayre que les dà, ſi la ſuperficie no eſtà cubierta de alguna materia; ò ſi eſtàn expueſtas à un ayre menos humedo, pierden una parte de ſu humedad; porque los fluidos, ſegun ſu naturaleza, ſe eſtienden igualmente por todas partes: y como el eſtado de la atmoſphèra varìa à cada inſtante, las maderas, y todo cuerpo eſponjoſo, alternan continuamente, yà humedeciendoſe, yà ſecandoſe; lo qual varìa mucho los volumenes: pues ahora diſminuyen, y deſpues aumentan ſu extenſion. Por eſto el maderage de los edificios nuevos, las diviſiones de pinabete, los arteſo-

nes

nes del techo, y otras obras de ensambladura, hechas con madera, nada resguardada de las injurias del tiempo, saltan muchas veces con estruendo, y el todo se desajusta, y pierde la solidèz: por lo mismo una ventana se cierra hoy facilmente, y otro dia estàn las puertas hinchadas de tal suerte, que apenas pueden guardar su puesto: un tonèl abierto se cierra en dexandolo en agua, &c. Porque todos estos efectos no son otra cosa, que dimensiones aumentadas por la humedad, ò que la sequedad ha disminuido.

Esta especie de desordenes no serìa, ni con mucho, tan considerable, si el aumento, ò diminucion de las superficies fuera igual por todas partes, y al mismo tiempo. En las obras hechas de una pieza, ò unidas con cola, havria alguna diferencia en el tamaño, que por lo comun serìa de poca consequencia. Pero como se humedecen, y ensanchan por un lado, y por otro quedan secas, y sin diminucion, de aì es, que se hienden, se doblan, y desfiguran. De esta suerte se hunden los arrimadillos de madera, pues la cara, que mira à una pared humeda, se hincha mas que la otra: y una puerta se encorba, quando las piezas de que se compone, no son igualmente susceptibles de las impressiones del ayre.

El uso de las pinturas al oleo, y de los barnices, remedia suficientemente estos incon-

ve-

venientes: tapando los poros de la madera con una materia, que el agua no penetra, no solo se cierra el passo à la humedad, sino que la que queda dentro al acabar la obra, no puede salir despues. Este es un buen modo de conservar en un sér constante las cosas, que solo varìan, ò por lo seco, ò por lo humedo.

Es cosa admirable, que las partecitas de agua, que se introducen en una materia sólida, multiplicadas sus pocas fuerzas, puedan aumentar su extension, contra las enormes resistencias, que tal vez se oponen para contenerla en sus límites. Se han visto cables mojados de proposito, hincharse con menoscabo de su longitud, y tirar massas prodigiosas ácia el punto fixo en que estaban atados. Una experiencia semejante, y no menos digna de atencion, se pone todos los dias à la vista de quien no advierte lo bueno que hay en ella, en las cantèras de donde se sacan las piedras de molino. Esta especie de piedras es muy dura, y no està en uso el asserrarlas. Se busca un buen pilon, y se medio-labra en forma de cylindro, de un diametro proporcionado. Se levanta en pie, y se và dividiendo en ruedas, que tengan el gruesso necessario para exercitàr su oficio; pero como esta division no puede llegar al exe del cylindro, siempre queda que romper el corazon, à cada piedra que se quiere separar del todo. Para esto las cortaduras hechas se llenan de cu-

ñas de madera ſuave, y bien ſeca, cuyo volumen ſe aumenta en mojandolas, yà por aſperſion, yà de otro modo.

Lo que hay digno de admirar en eſta práctica, es, que ni el peſo, ni la dureza de la piedra pueda impedir el efecto de la humedad ſobre la madera; y que por un medio tan ſimple, y de tan pocas fuerzas, al parecer, ſe ſepare la piedra de la maſſa con quien hacia un todo.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN lugar del cañon de vidrio de la Experiencia paſſada, ſe pone otro repreſentado en la *fig.* 3. Eſte remata en un fraſco de cryſtal, con el fondo de piel de búfalo, en el qual ſe echaràn como dos dedos de mercurio.

EFECTOS.

A la primera, ò ſegunda vuelta de la bomba el mercurio penetra la piel, y cae en el cañon à goticas, que fingen una lluvia de plata.

EXPLICACION.

La piel de búfalo, que ſirve al vaſo de fondo, es muy poroſa, como la de qualquier otro

animal. El mercurio que eſtà encima, no es tanto que pueda hacerſe camino con ſu proprio peſo. Pero quando à éſte ſe junta la preſsion del ayre exterior, como en la otra Experiencia, los globulitos ſe abren paſſo franco, y al caer forman una lluvia de plata, aſsi por ſu numero, como por el color.

APLICACIONES.

El alimento conſerva la vida de los animales; pero para la ſubſiſtencia del cuerpo, no toma la naturaleza mas que una parte muy corta de todo lo que éſſos comen para nutrirſe. Hecho el extracto, y colocado, ſegun ſus miras naturales, tiene varias vias para dàr paſſo à lo ſuperfluo. Facilmente ſe creerà, que las evacuaciones mas vulgarmente conocidas, ſon las que ſe llevan la mayor parte de eſtas ſubſtancias excedentes; pero hay otras, que ſe conocen menos, y obran mas, porque ſe hacen ſin ceſſar. Lo que ſe llama *tranſpiracion*, no es mas, que una evaporacion de humores ſobreabundantes, que por la mayor parte ſe hace por los poros del pellejo. Si ella es tal, que dexe la ſuperficie del cuerpo notablemente humeda, ſe llama tranſpiracion ſenſible, ò vulgarmente *ſudor*. Eſte eſtado no es natural; ſupone un exercicio violento, ù alguna agitacion extraordinaria en las partes internas. Pero el animal mas ſoſſega-

do, y de mejor salud no està un instante sin transpirar, de un modo, à la verdad, poco sensible; pero à la larga tan eficàz, que segun las experiencias de Santorio, de Mr. Dodart, y de otros, que las han hecho con cuidado, la transpiracion insensible se lleva cinco libras de alimento, de ocho que havrà uno tomado en veinte y quatro horas.

No hay que admirarse, pues, del desfallecimiento, y falta de fuerzas en los que en mucho tiempo no comen, ò solo se mantienen con substancias, que no equivalen à las que continuamente se pierden por la transpiracion. Pero son dignos de notar los letargicos, y otros animales, como las marmotas, los lirones, &c. que viven mucho tiempo adormedizos, sin tomàr el menor alimento.

El que huviere visto esta especie de letargo en algun viviente, havrà advertido, que un tal estado, mas bien es un entorpecimiento general, esparcido en toda la disposicion del cuerpo, que no un sueño natural, y comun. En un animal, que simplemente duerme, segun el curso ordinario de la naturaleza, la respiracion es sensible, y frequente. El calor, y ternura de los miembros dàn à entender, que los humores se mueven, y circùlan con libertad: y por decirlo assi, de este sueño no hay mas que dàr un passo para despertar: la transpiracion no cessa, porque las causas, poco mas, ò menos,

nos, ſon las miſmas. Pero no ſucede aſsi en un letargico; todo eſtà en una inaccion caſi total: ſolo ſe diferencia de un cadaver en un reſto de movimiento, que apenas ſe dexa percebir, y que por lo comun no vuelve à animarſe; ò ſi al fin ſe anìma, la ſuma flaqueza, y notable debilidad del enfermo, dàn à entender muy bien al deſpertarſe, la mucha ſubſtancia que ha perdido por una tranſpiracion mas lenta, pero mas larga. Algunas veces he hecho la obſervacion en eſta eſpecie de ratas, que llaman lirones: y los miembros ſe les ponen tan eſtirados, quando quedan entorpecidos, como ſi eſtuvieran muertos: apenas eſtàn, al parecer, mas calientes, que la pared de donde ſe ſacaron; caſi ſin alguna ſeñal de movimiento interno, y una dificultad tan grande en deſpertar, que ſe dexaban ir de un lado à otro, y aun eſtaban inſenſibles à las heridas. En ſemejante eſtado ſe diſsipa muy poco el animal; y aſsi puede mantenerſe algun tiempo ſin alimento; y el mas proporcionado de todo el año para eſſe genero de vida, es quando hace frio, por ſer entonces menos abundante la tranſpiracion.

En el Verano, quando hace mucho calor, ſe tranſpira mas, y ordinariamente ſe come menos, que en las otras eſtaciones del año: quando era mas neceſſario el vigor de las partes del eſtomago, en que ſe hace la digeſtion, para

que

que hicieſſen ſu oficio, juſtamente entonces afloxan, y caen de animo: los animales eſtàn menos vigoroſos, porque pierden mas, y ganan menos que en otro tiempo, pues no es lo miſmo la gana, que la neceſsidad de comer.

Si la piel de los animales tiene poros por donde paſſan los humores de dentro à fuera, tambien tiene otros, que dexan paſſar las materias que hacen ſu impreſsion de fuera à dentro. La Medicina aplica por defuera algunos remedios, que ſurten efecto, aun en las partes mas internas, y que no dexan duda alguna de eſta eſpecie de poroſidad.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SObre la platina de la maquina Pneumatica ſe pone un vaſo de agua con un huevo dentro, y ſe cubre con el recipiente, como en la *fig.* 2.

EFECTOS.

Quando ſe hace andar la bomba para ſacar una parte del ayre, que eſtà en el recipiente, toda la ſuperficie del huevo ſe cubre de bolitas, que poco à poco ſe deſpegan por quedàr ſobre el agua; y en algunas partes del huevo ſe notan

tan unos como chorritos de ayre, formados por la travazon continua de los globulos.

EXPLICACION.

La caſcara del huevo es poroſa; y por eſto en pocos dias ſe evapòra una parte de ſu ſubſtancia, y dà lugar à que éntre el ayre exterior, que no ſale del huevo, mientras lo contiene la preſsion de la atmoſphera; pero luego que eſta preſsion ſe diſminuye, ò ceſſa, como ſucede, quando ſe ſaca el ayre, que ſe contiene en el recipiente, y que oprime el agua contra toda la ſuperficie del huevo; al inſtante el ayre interior, por una propriedad, que explicarèmos à ſu tiempo, hace ſus esfuerzos por ſalir, y entonces mueſtra los poros de la caſcara, por donde havia entrado. Los mas de eſtos poros ſon tan menudos, que no puede paſſar el ayre, ſino por partes inſenſibles; pero la mútua adherencia de eſtas particulas lo contiene, haſta que aumentado el volumen por un numero ſuficiente, ſe vè obligado à elevarſe à la ſuperficie del agua, por la diferencia del peſo eſpecifico, que hay entre eſtos dos fluidos.

La poroſidad no es igual en todas partes; hay algunos ſitios, en que los poros eſtàn mas abiertos, y por ellos paſſa el ayre con baſtante libertad, y en cantidad ſuficiente para obedecer de prompto à ſu ligereza reſpectiva: y eſto

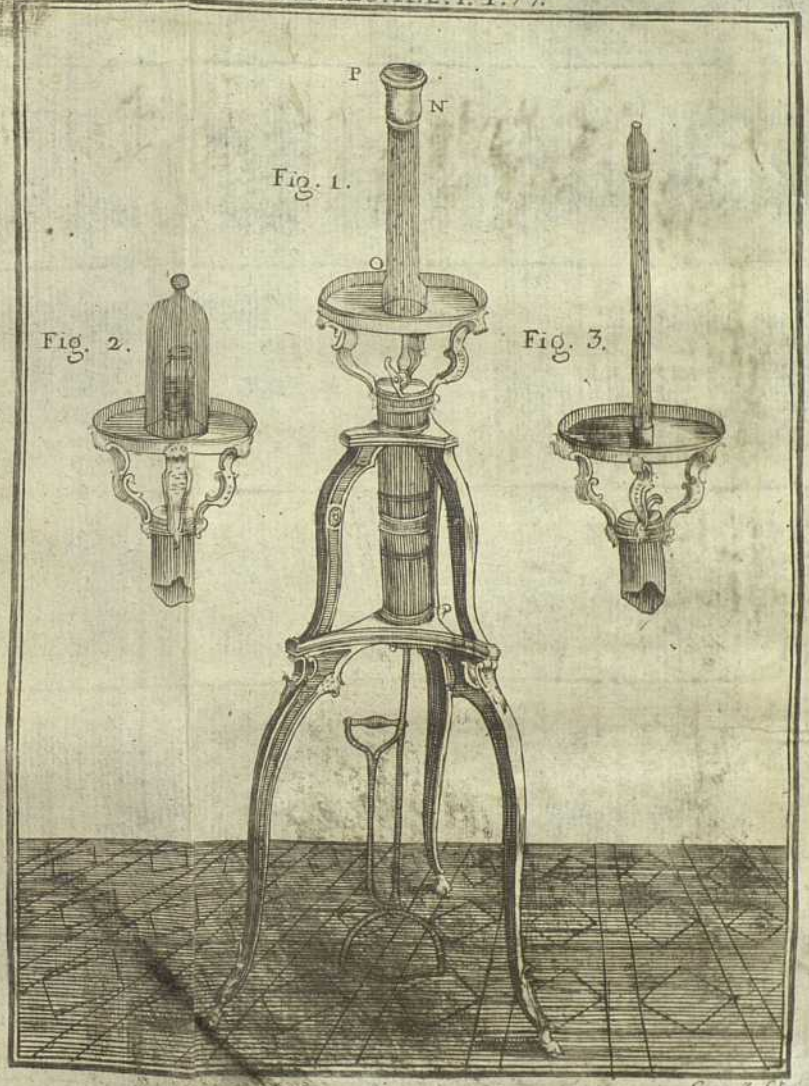
es

es lo que dà lugar à los chorritos, que se notan en varias partes. El agua con que se llena el vaso, y que debe cubrir el huevo, no sirve de otra cosa, sino de poner à la vista las bolas de ayre, que salen de la cascara, y que no se pudieran vèr, si immediatamente passassen al ayre del recipiente.

Los huevos frescos son aquellos, que aùn no han perdido la parte que llaman *la leche*, y que se halla luego que se rompen, si no estàn muy cocidos. Y assi, sin reparar en la data, se pueden llamàr frescos, los que yà há tiempo que los puso la gallina, con tal, que se les haya impedido la dissipacion de substancia, que no es mas que un efecto de la evaporacion, que se hace en muy poco tiempo por los poros de la cascara. No solo es curiosidad el conservar frescos por sus calidades los huevos, que no lo son por el tiempo; pero en la realidad hay una gran ventaja en conservar en buen estado un alimento, que comunmente es muy dudoso, despues de guardado. En los viages por mar, y en el tiempo, en que, ò las gallinas no ponen, ò ponen raras veces, es un gran socorro la provision de huevos, tan frescos como si se acabáran de poner. El Cavallero de Reaumur, que no limìta sus tentativas à especulaciones de mera curiosidad, nos propone un medio, tan simple, y aun mas seguro, que quantos se havian discurrido de antemano. Aconseja, que se tapen

los


P
N
Fig. 1.
O
Fig. 3.
P
Gaus.r f.t



Gouz. f.

los poros del huevo con alguna pasta, que no pueda deshacerse con el agua, y que tenga alguna consistencia; para que lo que tira à transpirar de dentro à fuera en el huevo, no pueda derretir la pasta amoldada en los poros, como embutida en ellos. Dos, ò tres capas de barniz comun, con otra de sebo de carnero, ò de cera caliente, y líquida, son medios que surten igual efecto: y yo puedo decir, por experiencia propria, que un huevo, guardado de esta suerte cinco, ò seis meses, conserva aùn la leche, y no tiene ningun mal sabor.

En los huevos embarnizados, y cubiertos de esta suerte, no solo hay la ventaja de poder comerse lo mismo que si fueran frescos, sino que se pueden empollar con toda seguridad despues de algun tiempo, en que sin esta precaucion, se podia con razon temer, que no estuviessen yà corruptos. Tambien es nuevo medio para intentar la cria de paxaros estrangeros, que no se pueden transportàr vivos, sino con mucho trabajo, y embarazo, y que ordinariamente no se juntan fuera del Paìs. Los huevos embarnizados se transportan facilmente, quedando en buen estado para empollarse despues de un largo viage; y todos saben, que una especie empolla à otra; la gallina saca patos, faysanes, &c. Pero en tal caso se ha de preferir el barniz à toda otra pasta, que necessite de estàr caliente para aplicarse, y que podrà destruir

el *semen*; se tendrà cuidado de quitàr el barniz de la cascara, quando se echan los huevos al ave, que los ha de empollar: mientras ésta està echada, es necessaria la transpiracion, no menos, que lo fuè el impedirla à su tiempo: hechos uno, y otro, contestados por las experiencias del Cavallero Reaumur; lo primero, que un huevo embarnizado frustra los efectos del calor del ave: lo segundo, que el que lo estuvo, y no lo està, se empolla, y sale bien, como si jamàs lo huviera estado.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SObre un pedazo de papel blanco se escribe, ò se dibuxa lo que se quiere, con un licor claro, y sin color, compuesto de vinagre destilado, y de almártaga: este papel, que, despues de seco, no dexa señal alguna de estàr escrito, se mete entre las primeras hojas de un libro, que tenga 400, ò 500 paginas. Despues con una esponjita se estiende sobre la ultima hoja del libro un otro licor tan nada colorado como el primero: el qual es una preparacion hecha con oropimente, cal viva, y agua comun: y se dexa cerrado el libro tres, ò quatro minutos. (*Fig.* 4.)

EFEC-

EFECTOS.

Quando despues se saca la hoja escrita con el primer licor, se encuentra todo el dibuxo de un color de castaño obscuro; sin que se note la menor señal en todo el resto del libro.

EXPLICACION.

Estos dos licores, que vulgarmente se llaman *tintas de simpatìa*, son de tal naturaleza, que en qualquier parte en que se encuentren, resulta de la mezcla un color, que ni uno, ni otro tenian antes de juntarse. En este efecto convienen con otros licores, y de èl procurarèmos dàr razon en tratando de los colores, y la luz. El ultimo de los dos licores exhála un vapor muy penetrante, perceptible al olfato, y que penetra en cortissimo tiempo las hojas del libro. Ahora pues: el vapor de un licor es el licor mismo dividido en particulas muy menudas; y en tal estado, queda justamente dispuesto para unirse con el que sirvió para el dibuxo: la mezcla, que se hace en el papel, se dexa vèr con un color, que nacerà de ella, siempre que se junten los licores; y como este color depende absolutamente de la union, quando el vapor penetra el libro, no debe dexàr el menor vestigio en las demàs hojas, su-

puesto, que no hay en ellas ninguna parte del licor primero.

APLICACIONES.

Despues que se han desterrado de la Physica todas aquellas qualidades ocultas, con que se respondia à todo, y en la realidad no se daba razon de nada al que deseaba tener idèas claras, y distintas; no se ha de recibir la *simpatìa*, y *antipatìa* como causas de algun fenomèno: si no es que se use de ellas para abreviar, ò que se tomen por la accion mecanica de un cuerpo con otro; como quando se dice, *que tal remedio, ò tal alimento es bueno para el pecho, para el estomago, &c:* modo de hablar, para dàr à entender, que se debe esperar un buen efecto, y para no detenerse à explicar por menudo el modo con que obra el remedio. Pero si alguno para dàr razon de la Experiencia antecedente, dixesse: El segundo licor hace salir al primero, porque simpatiza con èl; no dixera nada para los que quieren una explicacion inteligible; se le instára à que diera à conocer en particular, ò en general à lo menos, en què consiste esta simpatìa? y sus razones serìan menospreciables, no estando fundadas sobre principios conocidos; porque si saliera con alguna explicacion, nueva en la Physica, se verìa obligado à probarla; pues

de

de otra ſuerte no paſſarìa los terminos de una hypotheſi de ninguna fuerza.

La dificultad que hay ordinariamente de concordar ciertos hechos con las leyes comunes, y ſabidas de la naturaleza, obliga à recurrir à las ſimpatìas, ò à las antipatìas. Pero los que uſan de ellas de eſta ſuerte, eſtàn por lo comun poco informados de las tales leyes, y del modo con que ſe han de ſervir de ſus noticias. El que eſtà bien impueſto, ſabe, que las propriedades, que conocèmos en los cuerpos, aunque pocas en numero, ſon muy fecundas en ſus aplicaciones: pues ſe mueſtran por tantas partes, que es dificil perſuadirſe à cogerlas en falta; ſin poderſe liſongear de conocerlas todas, no ſe concede facilmente la libertad de inventar otras de nuevo; queriendo mas bien perſuadirſe, que no ſiempre vè donde eſtàn, y que lo que no percibe, queda reſervado à otro ingenio mas felìz, y de mayor perſpicacia.

Pero (es preciſo confeſſarlo) los hechos ſon inexplicables muchas veces, ò porque ſon falſos, ò porque ſe exageran mucho; y el verificarlos, antes de paſſar à una ſólida explicacion, es obrar con prudencia. El que los cuenta, cree haverlos viſto, aunque no ſea aſsi, por falta de atencion, y diſcrecion; ò ſe confirma en ellos, por haverlos dicho perſonas intereſſadas, ò de mala fé. Si la credulidad, y la paſſion por los prodigios ſe apoyan con la igno-

rancia, y con la preocupacion; llegan à recibirse como hechos constantes todas las imaginaciones vanas, y pueríles, que se ofrecen, y todas las exageraciones que passan de boca en boca, y que se acreditan con el tiempo, y con la autoridad de alguno, que no tiene tantas luces, como se cree. No hablo ahora de la impossibilidad, que se pretende, en ajustar dos cuerdas de un instrumento, una de tripa de carnero, y otra de lobo; del peligro que se cree en echar al fuego orines, ò sangre; de la cura que se aguarda de ciertas frutas, que se traen en la faltriquera, ò que se echan en el pozo; y de una infinidad de otros remedios, ò preservativos semejantes, cuya necedad conoce todo el mundo, y jamàs se confirman con alguna experiencia digna de citarse.

Pero quién no ha oìdo hablar alguna vez de los famosos polvos simpáticos, y de sus admirables efectos? Todos saben, que no hay mas ingredientes, que el vitriolo calcinado, y hecho polvo; este mineral es astringente; y quando se aplica à alguna llaga, casi siempre la seca, y la dispone para cerrarse en breve tiempo: hasta aqui no tenèmos nada de simpatìa en el sentido, en que se supone. Tal vez sucede, que la herida se ressiente, quando no lexos del paciente se hechan estos polvos en un lienzo teñido con su sangre acabada de verter:

en

en tal caſo ſolo havrà ſimpatìa para los que ignoran, que el vitriolo en polvo ſe exhala en particulas inſenſibles, que lleva el ayre à las cercanìas, y que por preferencia ſe pegan à los ſitios humedos. Pero lo mas admirable de eſta operacion, es quando ſu efecto reſulta à una grande diſtancia, como de 4, 6, ò 10 leguas.

Convengamos, pues, en que no hay el menor indicio para explicar con alguna apariencia de verdad un tal fenomèno, ſegun las leyes conocidas, y ordinarias de la naturaleza. Pero de què ſirve buſcar ſu explicacion, quando no es mas que una exageracion diſparatada de un charlatàn, la que ciegamente ſe ſoſtiene con la credulidad, y deſeo de oìr, y de vender maravillas? Eſte es el juicio que ſe ha de formàr, fundado en los que ſolo dàn credito à ſus proprios ojos. (*) Quántas quimeras ſemejantes ſe echarìan por tierra, ſi fueſſe ſincèra la relacion de los hechos, y de ſus circunſtancias!

Si eſtamos ciertos en que la poroſidad es una propriedad comun à todos los cuerpos, tambien ignoramos la cantidad abſoluta de ſus poros. Siendo peſado todo lo que es materia, y no conviniendo la peſadèz ſino à lo material; es conſtante, que havrà menos vacìo en un

(*) Lemery *Curſo de Quimica*, pag. 275.

un cuerpo, si pesa mas que otro, siendo de igual volumen; pero esta comparacion nos muestra solamente la porosidad relativa; sin decirnos con precision la cantidad de partes sólidas, que se contienen en cada uno de ellos; entonces se sabrìa con evidencia la cantidad de los poros. El verdadero modo de saberlo, serìa tener una materia de comparacion sólida por todas partes, en la qual fuessen absolutamente synónomos el peso, y el tamaño: porque en comparando una porcion de esta materia con un igual volumen de otra; si ésta pesa la mitad menos, v. gr. no solo se podrìa inferir con razon, que es una vez menos sólida, como se hace ordinariamente; pero, fuera de ésto, se sabrìa el valor justo de este *menos*, y se tendrìa como cierto, que la porosidad de esta materia comparada, era igual à su solidèz; puesto que el peso (atributo, que puede mirarse como inseparable de las partes materiales) se dexarìa sentir la mitad menos que en una igual extension, en que se suponga qualquier materia.

Pero un cuerpo de esta especie se debe mirar como suposicion, que no puede passar à realidad: no conocemos nosotros en la naturaleza cosa que se le parezca. De todos quantos entes materiales conocemos, el oro es el mas compacto, y el que contiene mas materia en un volumen determinado: una pulgada cúbica

de

de oro, pesa mas, que una pulgada cúbica de qualquiera otra materia conocida. No obstante tiene poros; pues en un instante se introduce en èl el mercurio, y el Agua Regia, que sirve para dissolverlo, và obrando poco à poco, hasta que lo penetra del todo. Aun no han faltado Physicos, (*) que por altas conjeturas han llegado à creer, que en el oro podìa haver tanto vacìo como lleno. Què idea, pues, podrèmos formar de la porosidad de los otros cuerpos? del agúa comun, v. gr. que pesa cerca de 19 veces menos, que el oro, ò del ayre, que es 800 veces menos sólido que el agua?

Una materia no es siempre mas porosa que otra, por la razon precisa de tener los poros mas abiertos: el numero recompensa, ò excede muchas veces en una el efecto del tamaño en la otra. Un tapon de corcho, por estrecho que venga à la boca de un frasco, jamàs llegarà à ser tan compacto como un pedacito de madera de qualquier otra especie: y su volumen disminuido por compresion nunca lo harà tan pesado como la encina; con que su porosidad siempre es mayor. No obstante, ni la encina, ni otra madera semejante es tan apta como el corcho para detener la eva-

(*) Newton, *Traité d'Optique*, *liv.* 2. *part.* 3. *prop.* 8.

poracion de qualquier licor que se guarda en algun frasco. Con que es mas que verisimil, que si en una de las dos materias, la suma de los vacìos es mayor, serà menos por el tamaño, que por el numero de los poros. Quando el Agua Estigia, que dissuelve el oro, no quiere penetrar una massa de plata, se dirà, que, en consequencia de su ligereza respectiva, tiene los poros mas cerrados que el oro? Por què lo que entra en la plata, no podrà empezàr à deshacer el oro, si sus partes, estando mas distantes unas de otras, como lo suponen, dexan mas presa al dissolvente? No valdrìa mas decir, que los vacuolos en la plata no son tan grandes como en el oro, pero que son muchos mas en numero?

No và mal hasta aqui la explicacion. Pero si se responde, que el agua fuerte ordinaria no se atreve con el oro, siendo assi, que divide la plata, y la mayor parte de los demàs metales; serà preciso decir, que el recurso al tamaño respectivo de los poros no tiene fuerza alguna. Porque lo que puede introducirse por un agujerito bien pequeño, por què no podrà penetrar otro mas grande? Serà acaso necessaria una justa proporcion entre las puntas delicadas del dissolvente, y los poros de la materia dissoluble? ò quizàs para sostener la explicacion, serà necessario juntar al tamaño la figura?

No puede dudarse, que la diferencia de dos ma-

materias no consiste en la configuracion de las partes insensibles; pero de que las materias tengan diversas figuras en cuerpos diferentes, se sigue, que los poros han de tomàr diversas formas en unas, y otras. Con el socorro de este principio, que es incontestable, facilmente se concibe, que para que una particula sólida se introduzca en uno de estos vacuolos, ò passe de uno à otro, no solo ha de tener un tamaño proporcionado, pero tambien una figura conveniente: y que faltando una de estas dos condiciones, podrà la otra ser poco eficàz. Este es el caso, en que uno se vè obligado à reconocer, que con dos principios ciertos, y contestados por otra parte, queda aùn dudoso de las explicaciones, quando aquellos solo se aplican por conjeturas, y la experiencia no dice, si se ha acertado.

Por lo demàs, aunque no sepamos, si lo que hace obrar à un dissolvente en una materia mas bien que en otra, es una cierta proporcion de tamaño, ò de figura, ò uno, y otro à un mismo tiempo, no por esso se duda del hecho, y las Artes han sabido aprovecharse de èl yà hà tiempo.

Los que gravan al agua fuerte, toman una plancha delgada de cobre bien bruñido, y la cubren ligeramente con una especie de cera preparada, y ahumada à la luz de una vela. Despues forman su dibuxo en la dicha plancha, con un

cincèl de acero, que và descubriendo el cobre, segun las rayas que pide el dibuxo: Hecho ésto, ponen como un cordon de cera blanda en todo el borde de la plancha, y sobre ella, colocada horizontalmente, echan tres, ò quatro lineas de agua fuerte templada con un tercio, ò la mitad de agua comun. El cobre descubierto con el cincèl, cede en breve rato à la accion del dissolvente, que lo penetra mas, ò menos, segun la intencion del Artifice, que regùla el tiempo de la operacion, mientras que la cera (que no se disuelve con el agua-fuerte) conserva entero el resto de la superficie. De esta suerte, queda preparada una hoja de metal para multiplicar 3000, ò 4000 veces la misma estampa, passando succesivamente por la prensa otras tantas hojas de papel.

El agua es incapàz de penetrar el marmol, y cantidad de otros metales: no sucede assi con los espiritus de vino, de trementina, y con la cera derretida: estas excepciones se han hallado por personas curiosas, que usan de ellas para introducir varios colores en lo interior del marmol, y para imitar con el blanco otros muchos, à quien la naturaleza viste de diversos coloridos. El difunto Mr. Dufay, que se havia exercitado mucho en teñir piedras duras, y que diò parte à la Academìa de las Ciencias de todos sus descubrimientos en esta especie, (*) me

(*) Mem. de la Acad. año 1728. pag. 50.

me móſtrò muchas veces varias meſas de marmol, teñido artificialmente, bien imitadas, y penetradas con tanta fortaleza, que ſe bruñian, ſin perder nada de los colores.

Los barnices, que ſe uſan tanto en eſtos tiempos, no ſon mas que gomas de diferentes eſpecies, que ſe derriten por medio de algun diſſolvente. Unas hay, que ſe eſtienden en el eſpiritu de vino, ſin que ſe deshagan en los aceytes, que ſon buenos para derretir otras: todo el arte conſiſte en conocer la materia que ſerà apropoſito para la diſſolucion de cada una: y la neceſsidad de eſte tal conocimiento nace ſin duda de la diferencia que hay entre la poroſidad de unas, y otras.

SECCION SEGUNDA.

DE LA COMPRESSIBILIDAD, y Elaſticidad de los cuerpos.

TOdo lo que acabamos de decir de la poroſidad, havrà dado à conocer, que el tamaño aparente de qualquier cuerpo, ſiempre excede à la cantidad real de ſu propria materia: y quizàs el tal exceſſo ſerà tan vario, como las eſpecies que componen el univerſo; pues

rara vez se hallan dos materias, que à iguales volumenes, pesen igualmente.

La relacion, que hay del volumen à la massa, se llama *densidad*: un cuerpo es mas denso que otro, quando la cantidad real de su materia difiere menos de su tamaño aparente; ò quando (y es lo mismo) en un tamaño determinado contiene mayor numero de partes sólidas. Y assi, el plomo es mas denso, que el cobre, y el ayre menos denso que el agua.

Puede variarse la densidad de un cuerpo mismo; esto es, quedando la massa la misma, puede variar el volumen, yà aumentando, yà disminuyendo. Un cuerpo queda mas denso, quando sus partes sólidas ocupan menos espacio. Y esto puede suceder de dos maneras; ò suprimiendo la causa interna, que los mantenia separados, ò aplicando exteriormente una fuerza, que los obligue à acercarse uno à otro. Pueden distinguirse entre sì estos dos modos de disminuir el volumen de un cuerpo, llamando *condensacion* al primero, y al segundo *compression* (aunque à la verdad, siempre se condensa una materia, ocasionando la diminucion de su volumen, de qualquier modo que se execute.) Y assi, lo mismo es estrechar la nieve entre las manos, para formar una bola, que comprimirla: y lo mismo es enfriar un licor, ò disminuir el calor, que dilata sus partes, que condensarlo.

En

En la naturaleza no conocèmos cuerpo alguno (haciendo abſtraccion de las partes elementares , ſi las hay) cuyo volumen no pueda diſminuirſe à lo menos de uno de eſtos dos modos , y muy comunmente , de uno , y otro. Por mucho que pueda ſerlo , ninguna materia es perfectamente dura : ſus moléculas eſtàn ſiempre mas , ò menos dilatadas ; yà ſea por un movimiento interno , que puede atemperarſe , yà por la accion de un fluido de otra materia , que la puede penetrar , y que puede ceder à una potencia exterior. Una barra de hierro , v. gr. que ſe ha hecho aſqua en el fuego, conforme ſe và enfriando , và quedando mas delgada , porque ſus partes ſe vàn acercando poco à poco , conforme vàn perdiendo el movimiento violento , que havian adquirido en el fuego. Una eſponja bien empapada en agua, ocupa un eſpacio mucho menor , en exprimiendo el fluido que llenaba los poros. Una bola de marmol , ò de vidrio , ò tambien un diamante , que choca con otro cuerpo tan duro como èl , al inſtante ſalta : preſto moſtrarèmos, que el movimiento de reflexion es una prueba de la compreſsibilidad del cuerpo , que ſe reflecte.

Generalmente hablando , todo cuerpo en qualquier eſtado que ſe preſente , ſólido , fluido , ò líquido , es capàz de condenſarſe. Un pedazo de marmol , y en particular el negro,

ſe

se disminuye sensiblemente, quando ha estado en un lugar mas frio, que lo era el sitio, en donde se midiò primeramente. Una vexiga, ò un balon lleno de ayre en el Verano, està lacio, y floxo en el Invierno: y el licor del thermometro solo baxa ácia la bola, quando su volumen no es suficiente para llenar aquella parte del tubo, que ocupaba en tiempo mas calido. Pero en tratando del fuego, y del calor, que enrarecen à los cuerpos, hablarèmos mas à la larga del modo con que se condensan.

Por lo que mira à la compresion, no se puede decir que convenga con tanta generalidad à la materia en qualquier estado que se considere: todos los cuerpos sólidos son compressibles, y la experiencia hasta aqui no ha exceptuado alguno de ellos. El ayre se comprime considerablemente, y esta propriedad le hace producir efectos prodigiosos, de que hablarèmos en su lugar. Hasta aqui no se han hecho iguales experiencias con otros fluidos, como la llama, el humo, &c; sin duda, porque serìa muy dificil, y probablemente impossible aplicarlos à esta especie de pruebas. Pero los licores jamàs han dado directamente la menor señal de compressibilidad, por mas que se haya hecho; y al parecer se ha hecho quanto se ha podido. La experiencia de la Academia *del cimento* es tanto mas ingeniosa, quanto menos

dig-

dignas de eſperarſe ſus reſultas; y deſpues que ſe hizo, no ſe ſabe que nadie haya ſalido mejor con ella. El Cavallero Newton (*) la refiere como coſa muy curioſa; y temiendo con razon no ſe dudaſſe de un hecho tan admirable, aſſegura, que lo ſabe de un teſtigo de viſta. Por lo que à mì toca, puedo deponer como tal, y el uſo que hago de èl en mis Curſos, ha pueſto à muchos en eſtado de deponer del miſmo modo. El hecho es eſte:

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN una prenſa pequeña (como ſe vè en la *fig.* 5.) ſe mete una bola de metal, cuya capacidad ſe ha medido exactamente, bien delgada, de modo que ſea flexible, llena de agua enteramente, y tapada, de forma, que no pueda ſalirſe nada por el orificio.

EFECTOS.

Quando ſe cierra la prenſa, la bola de metal comprimida ſe aplaſta un poco; y ſi ſe proſigue oprimiendola, el agua penetra por los poros, y aparece por defuera como ſi le huviera caìdo un rocìo.

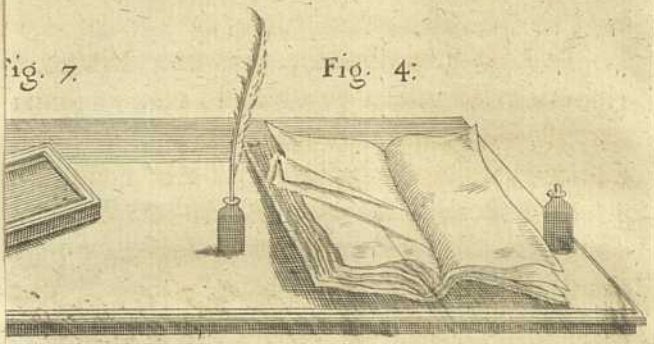
(*) *Traité d'Optiq. liv. 2. part. 3. prop. 8.*

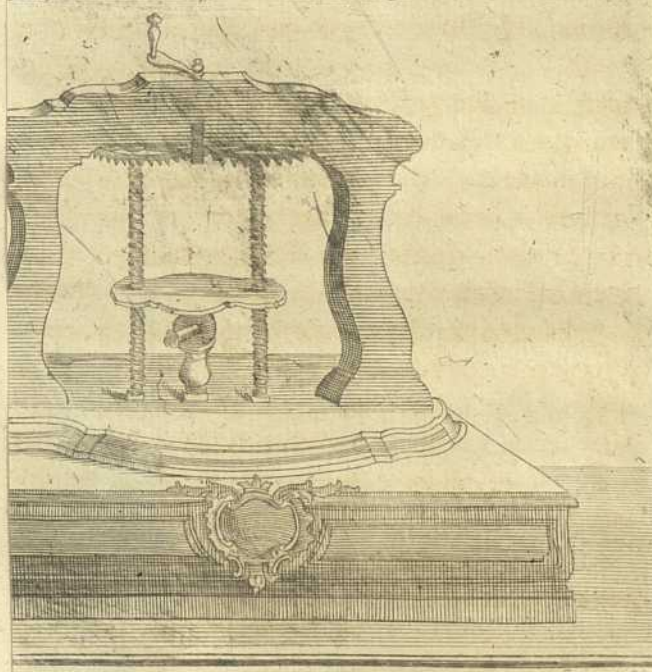
EXPLICACION.

Es cosa demostrada, que una capacidad esphérica, à iguales superficies, contiene mas materia que qualquier otra. De aqui se sigue, que un vaso de esta figura, que està lleno, no puede perderla, sin que suceda una de estas dos cosas: ò que aumente la superficie para conservar la misma capacidad, ò que lo que està dentro se condense, disminuyendo el volumen. Quando el agua empieza à penetrar el metal, la bola està yà un poco aplastada: pero si se mide su capacidad, se halla ser la misma que antes de la experiencia. Con que hemos de convenir, en que este efecto solo se ha de atribuir à la *ductilidad* del metal; y que en la prensa no ha disminuido sensiblemente el volumen del agua.

Boyle, el Baron de Verulamio, y otros Physicos, que han intentado comprimir el agua en vasos de metal, creyeron haver visto algunas señales de su compressibilidad; pero es factible, que lo que percibieron, se deba atribuir à la flexibilidad, ò al resorte del metal, ò tambien al de algunas bolas de ayre encerradas con el agua en el mismo vaso.

SE-





Gonzaga

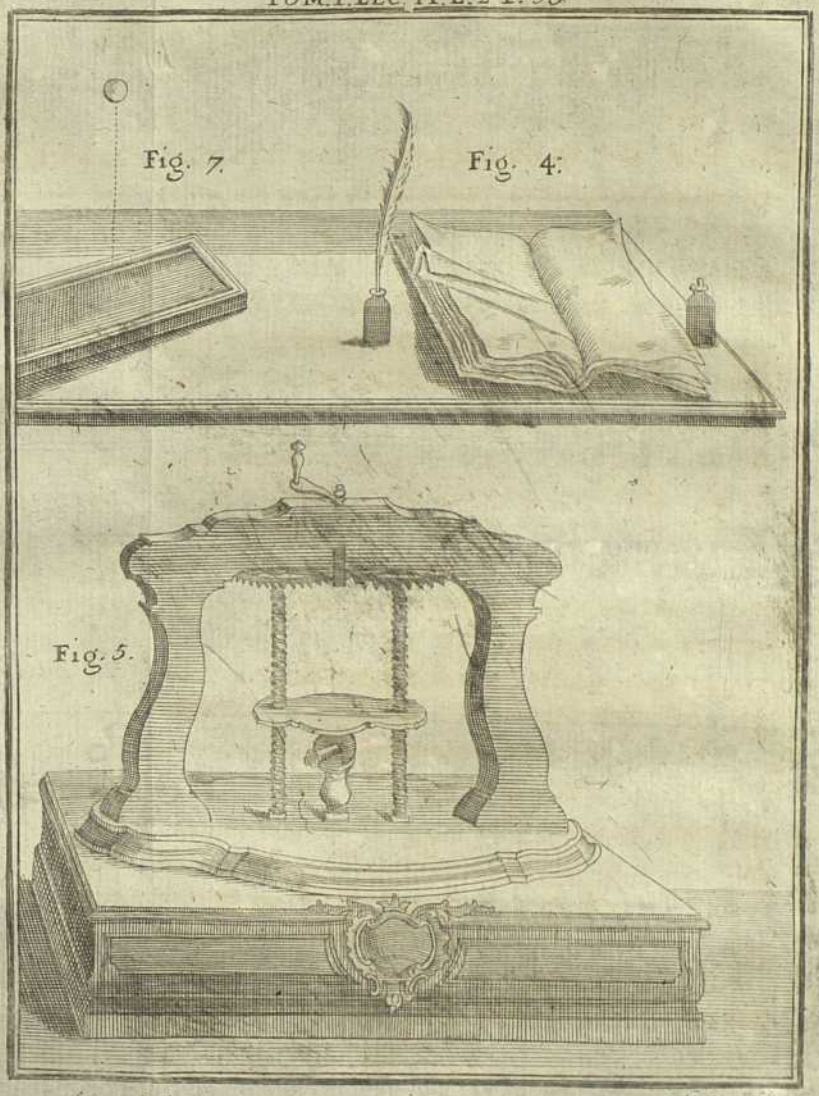


Fig. 7.
Fig. 4.
Fig. 5.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ABCD (*fig. 6.*) es un tubo de vidrio muy espeso, que tiene interiormente tres lineas de diametro, 7 pies de alto, y encorbado en forma de siphon; primero se echa en èl un poco de mercurio, que llena la parte encorbada, y queda à nivèl en BC; la parte CD se llena de agua; y el cañon en D se tapa sólida, y exacramente. Despues se llena enteramente de mercurio todo el resto AB.

EFECTOS.

La columna de agua, que està entre CD, resiste con tanta fuerza à la presion del mercurio, que su volumen no disminuye sensiblemente.

EXPLICACION.

En tratando de la Hydrostatica, harèmos vèr, que la presion, que exerce el mercurio contra el agua en C, es igual al peso de la columna contenida en la parte AB del cañon. Ahora: esta columna de mercurio, que tiene cerca de 6 pies, y 10 lineas de alto, iguala

tres veces al peso de la atmosphèra, que hace un grande esfuerzo; y puesto que ella no basta para condensar sensiblemente el volumen de agua, contra quien obra, señal es, que son muy duras las partes de los líquidos, y que las materias, que estàn en tal estado, son poco flexibles.

APLICACIONES.

Aunque en las Experiencias, que acabamos de referir, no se distinga en el agua ninguna señal de condensacion; no por ésto se ha de inferir, que los licores son absolutamente incompresibles, sino que solo son capaces de resistir à los esfuerzos que hasta aqui se han hecho contra ellos. Todo esto nos inclina à persuadirnos, que al fin cederìan de un modo sensible, si fuesse posible exponerlas à mayores compresiones; y aun à creer, que ceden à las que se practìcan; pero la cantidad es tan corta, que no se puede conocer. Todos los cuerpos sólidos se comprimen, pues siendo porosos, pueden acercarse sus partes mútuamente. Un licor no es otra cosa, sino un monton de corpusculos sólidos, que no podemos mirar como entes simples, sino solo como massas diminutas, compuestas de partes, cuya union no es tan estrecha, que no dexe entre ellas algunos vacìos. Si la porosidad constituye à los

ma-

mayores cuerpos capaces de condensarse, por què la misma causa no pudiera hacer el mismo efecto en los menores? Lo mas que se puede decir, es, que la compressibilidad debe disminuir, como el tamaño de los cuerpos; esto es, que los mas pequeños son los menos flexibles; y que por consiguiente las partes de un licor, à causa de su extrema pequeñèz, pueden exponerse à pruebas mas fuertes. Pero del mismo principio se infiere, que solo lo que es absolutamente simple, es absolutamente incompressible; como lo serìan las partes primordiales de los cuerpos, en que no tienen lugar nuestras pruebas.

Mucho provecho se saca por cierto, de que todo líquido pueda resistir à las pressiones, que comprimen, y aun muelen à los otros cuerpos. Quanto se saca de los vegetables, exprimiendolos, como el vino, la cidra, los aceytes, &c, jamàs se separarìa de las partes sólidas, en que se contienen, si los líquidos se pudieran comprimir del mismo modo: los frutos en la prensa solo variarìan su volumen: la facilidad que hay en exprimir los zumos, que ha puesto en ellos la naturaleza para nuestro uso, se funda casi toda en la resistencia, que hacen los líquidos à la compression.

No puede dexàr de causar admiracion el considerar, que un mismo cuerpo es, ò no es compressible, segun la disposicion, que toma de un grado mas, ò menos de calor: un pedazo de

yelo

yelo dà ſeñas de compreſsion; derritáſe: la materia ſiempre es la miſma, pero ſe halla en un eſtado diferente. Lo miſmo ſe vè en la cera, el azufre, el metal, &c, quando paſſan de ſólidos à líquidos. Eſte phenoméno es de algun interès, y digno de explicacion. Por deſgracia no hay mas que una conjetura, pero eſtà fundada en principios conocidos, y que la hacen probable.

Se puede decir, que el eſtado natural de todos los cuerpos, es el de la ſolidèz; el eſtàr líquidos, proviene de alguna materia extraña, que los pone tales, penetrando en lo interior, y dando à ſus partes, yà por ſu cantidad, yà por ſu accion una mobilidad reſpectiva, que rompe toda la travazon, y caſi toda la adherencia que hay entre ellas. De eſte modo ſe hace lodo la tierra bien empapada en agua, y baxa por un plano inclinado; el agua miſma dexa de ſer yelo, luego que un cierto fluido mas ſutìl, y conocido con el nombre de *Materia del fuego*, la penetra ſuficientemente, y ſu movimiento baſta para deſpegar las partes unas de otras.

Si ſe pregunta ahora, por què pueden comprimirſe los cuerpos ſólidos, y no los líquidos, ſe puede reſponder con alguna veroſimilitud, que las partes de aquellos eſtrivan, por decirlo aſsi, ſobre un fundamento falſo, ò que ſolo ſe mantienen ſobre un fluido ſin accion, y que

ce-

cede al menor choque; en vez que en los líquidos las moléculas mas divididas, y por lo mismo menos flexibles, se sostienen sobre un fluido muy abundante, y en quien las partes son tanto mas duras, quanto mas simples. Si se metiera en un vaso una cierta cantidad de bolitas de acero, ò de qualquier otra materia no menos dura, jamàs cederìan sensiblemente à la compresion: yà estando solas, con tal que se tocassen, yà estando interpoladas con otras mas pequeñas, que estorvassen la immediacion, à condicion que estas tambien fuessen inflexibles. (*fig.* 8.)

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

DExese caer varias veces, y en diferentes sitios, à la altura de dos, ò tres pies, una bolita de marfil, que tenga de diametro cerca de $\frac{1}{4}$ de una pulgada, sobre una tableta de marmol negro, bien pulido, y cubierto con una muy ligera capa de aceyte. (*fig.* 7.)

EFECTOS.

En todos los sitios en que ha caìdo la bola de marfil, mirando obliquamente, se vè una señal redonda de cerca de dos lineas de diametro;

y

y en los sitios en que la caìda fuè mas alta, la señal es mayor.

EXPLICACION.

El marfil, que es muy duro, es una materia compressible: quando cae sobre el marmol, el movimiento de su mismo peso que lo impele, causa una pression, que dirige ácia su centro una parte de esta pequeña esphera: y siendo estas partes comprimidas de una naturaleza capàz de restablecerlas al instante, no queda en la bola el menor indicio de compression. Pero la señal, que queda en el marmol, es una prueba incontestable de la compression, que desaparece prontamente. Si à alguno le pareciere mejor decir, que el efecto se produce en el marmol, y que éste luego al punto se vuelve à su primer estado; (lo que igualmente prueba la compressibilidad de un cuerpo muy duro) uno, y otro sucede probablemente; la misma compression que hunde el marmol, desfigura la bola. Pero de estos dos efectos, el ultimo es mas considerable, si se ha de juzgàr por la naturaleza de los dos cuerpos comprimidos; por lo qual me inclino à darle la preferencia respecto del otro. Y lo que vámos à decir, para dàr à entender, que la mancha redonda prueba incontestablemente el efecto en la bola, prescindiendo de la flexibilidad del marmol, lo prueba de la mis-

mifma fuerte en el marmol, fi fe prefcinde de la compreffibilidad del marfil.

En efecto, todos faben, que la circunferencia de un circulo, aplicada por la parte convexa à una linea recta, no puede tocarla mas que en un punto G (*fig.* 9.) Todos faben tambien, que las fuperficies efphericas fe componen de lineas circulares, como los planos fe forman de lineas rectas, y que las fuperficies, por lo que à ésto mira, tienen el mifmo efecto entre sì, que las lineas rectas, de que fe componen. Si el circulo no toca mas que en un punto la linea recta; la bola de nueftra experiencia, puefta fimplemente fobre la tableta de marmol, tampoco la ha de tocàr mas que en un punto. Quando fe dexa caer la bola, fi parece que ha eftado aplicada por una fuperficie circular de dos lineas de diametro, es neceffario convenir, en que el primer punto, que tocò, *g* (*fig.* 9.) fe ha acercado ácia el centro, por el esfuerzo de la compreffion, y defpues de èl, todos los immediatos perdieron fu fitio. Efto diò lugar para que fe aplicaffe al marmol una porcion fenfible de la fuperficie, y quedaffe impreffa fobre el aceyte, que fe havia echado.

APLICACION.

Si un cuerpo fe comprime igualmente por todas las partes de fu fuperficie, en cafo que

 fea

ſea compreſsible, lo mas que puede ſeguirſe, es una diminucion de volumen; porque todos los puntos opueſtos obedecen à potencias iguales, y ſus ſituaciones reſpectivas quedan ſiempre las miſmas. Tal es el eſtado de los animales, que viven en el ayre, ò en el agua: rodeados por todas partes de uno de eſtos dos fluidos, no reparan en la preſsion, aunque ſea muy conſiderable; porque ſe buſca à sì miſma el equilibrio, y no deſcompone nada de quanto toca. Pero ſi la compreſsion llega à ſer mas fuerte por un lado, que por otro, el efecto no pára ſolamente en la diminucion del volumen; pues la figura varìa tambien; como puede vèrſe facilmente en una bala de plomo, que pierde una parte de ſu eſphericidad, cayendo ſobre alguna coſa dura; ò en una pelota, que comunmente dexa en la pared ſeñales claras de haver mudado de figura.

DE LA ELASTICIDAD, *ò reſorte de los cuerpos.*

DE todos quantos cuerpos ſe comprimen, unos ſe quedan en aquel eſtado, en que la compreſsion los pone; eſto es, que haviendo variado de figura, ò de tamaño, perſeveran de eſta ſuerte, aunque no proſiga la compreſsion; como la bala de plomo, que ſe queda chata deſpues de caer, ò como una bola de nie-

ve,

ve, que permanece con la mifma forma, que recibiò de las manos. Otros al contrario vuelven en sì, tomando despues de comprimidos las mismas dimensiones, y figura que tenian antes. Asi sucede en la bola de marfil de la Experiencia precedente; lo mismo acaece à una bola de ayre, que saliendo del fondo de un vaso lleno de agua, se và agrandando, conforme và subiendo ácia la superficie.

Los cuerpos de esta ultima especie se llaman cuerpos de *resorte*, ò *elasticos*; porque la *elasticidad* no es mas, que el esfuerzo, con que ciertos cuerpos comprimidos tiran à ponerse en su primer estado. Esta propriedad, pues, supone, que son compresibles; y como los licores no lo son, à lo menos sensiblemente, se inferirà, que si tienen resorte, su reaccion es tan corta, que no se percibe.

No en todos los cuerpos elasticos el grado de elasticidad es el mismo. Hay algunos, que casi nunca vuelven à su primer estado; y entonces se mira la elasticidad como nula para el uso de ella: ésta es una especie de cuerpos que llaman *moles*; esto es, que carecen de un resorte bastantemente activo para contar con èl.

En aquellos, en quien se dexa vèr la fuerza elastica, la reaccion es mayor, ò menor, segun la dureza, la fuerza, ò la disposicion de sus partes internas. Pero no hay alguno, de quien se pueda assegurar con pruebas positivas,

que tenga un resorte perfecto, è inalterable. Esta qualidad se pierde del todo, ò en parte, como se vè cada dia, yà por el mucho uso, yà porque dure mucho la compresion. Un arco, si se dexa siempre, ò casi siempre armado, al fin se queda con la figura, que le obliga à tomar lo tirante de la cuerda. Las cerdas, la lana, ò las plumas, con que se llenan algunos muebles, pierde con el tiempo las comodidades que prometian, quando nuevos: y el aplastarse no es mas que una consequencia necessaria de un resorte gastado con el uso.

No podèmos, pues, prometernos unas Experiencias de la mas rigorosa exactitud, para establecer la theorica del resorte; supuesto que los cuerpos que tienen mas, no tienen aùn el necessario para ser perfectamente elasticos. Fuera de que, las operaciones solo pueden hacerse en un medio material. Aun quando se escogiera el ayre, por ser menos material, queda mostrado, que es capàz de resistencia, y en fuerza de ella faltarà siempre una parte del efecto, aunque muy corta; pero *los poco mas, ò menos bastan*, quando no falta casi nada para la exactitud, y quando uno se vè obligado de rebaxar alguna cosa por los impedimentos inevitables. El acero templado, y el marfil me han parecido los mas apropósito para los efectos, con que se puede probar lo mas importante, por lo que mira à la elasticidad: por lo qual

me

me ſervirè de ellos mas bien, que de toda otra materia en las experiencias de eſta eſpecie. Pero ſiendo neceſſarias, para los que he eſcogido, algunas noticias de las principales propriedades del movimiento, de que aùn no hemos dicho coſa alguna, me parece mas conveniente el diferirlas, mayormente quando pueden ocupar ſu lugar proprio entre las que emplearèmos para dàr à conocer las leyes del movimiento, quando los cuerpos ſe chocan.

La utilidad, y la comodidad de viajar à guſto ſe debe caſi toda à las planchas de acero, à los correones, y à otros cuerpos elaſticos, en que ſe ſuſpenden los carruages. La mas bella ſilla de poſta, la carroza mas ſoberbia, ſerìa ſin eſta precaucion un carreton cubierto, y adornado, en que ſe ſufrirìan golpes duriſsimos; porque ſi todo lo que compone el carruage fuera igualmente inflexible, los diverſos movimientos cauſados, è interrumpidos con aſpereza por la deſigualdad de los caminos, ſe comunicarìan con todas ſus fuerzas aun à las perſonas que vàn dentro.

El ſaber la hora, en que ſe vive, es una coſa de tanto interès para todo el mundo, que havrà muy pocos, que no tengan una péndula, ò una mueſtra, y que no la miren como un mueble neceſſario. A eſta eſpecie de inſtrumentos, que ſe han de admirar como obras perfectas en el Arte, le viene toda el alma de un mue-

lle (*fig.* 10.) formado de una lamina de acero envuelta en sì misma dentro de un tambor, que se mueve al desliarse el muelle, y cuyo movimiento se và comunicando por los dientes de las ruedas hasta el exe, en que està la mano, para que ésta señale las horas, y los minutos en un quadrante, en que estàn las divisiones. En otra parte dirèmos el modo, con que se ha llegado à hacer igual la accion del muelle, mientras que éste se deslìa enteramente. Porque desde luego se ofrece una dificultad; y es, que disminuyendo siempre esta accion à proporcion que el resorte se estiende, debe tambien disminuirse el movimiento en todas las piezas, que lo reciben de èl, y las agujas haràn las horas, y los minutos, mas largos al fin, que al principio. A este inconveniente, pues, ha sido preciso hallar algun remedio, y se han salido con èl por una invencion muy ingeniosa, de que tendrèmos ocasion de hablar, en tratando de la theorica del vecte, y de las maquinas que tienen relacion con èl.

Quánto sirven en la Armerìa los resortes? De què otro modo huvieran podido practicarse unos movimientos tan prontos, y tan dificiles de que los sienta un paxaro, ò un animal prevenido por la naturaleza contra todo lo que se dirige à su muerte, oponiendo à los ardìdes, y destreza del cazador mas diligente unos organos de un sentido exquisito, y una agilidad, con

que

Fig. 10.

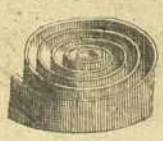


Fig. 9.

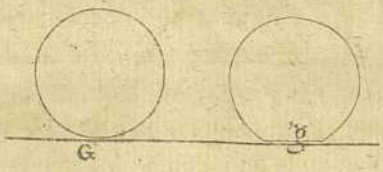


Fig. 8.

Gonz. f.t

Fig. 6.

Fig. 10.

Fig. 9.

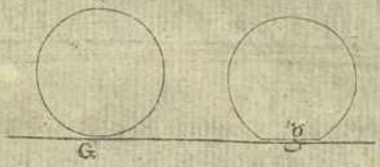


Fig. 8.

que ſe burla muchas veces de ſus diligencias? Movido el gatillo de un fuſil, al momento cae la piedra ſobre el raſtrillo, ſe enciende la polvora, y la bala, que deſpide, llega al animal antes, que la llama, ò el ruido le dè aviſo, ò à lo menos antes que pueda aprovecharſe de èl.

No ſolo ſe han aprovechado las Artes de la elaſticidad de los cuerpos, aplicandola felìzmente à varios uſos; pero aun han hallado modo de introducirla, ò de aumentarla en los que tienen poca, ò ninguna.

Todos los cuerpos ſonóros, como dirèmos mas à la larga en las Experiencias ſobre el ayre, han de tener reſorte; por éſto las campanas, y los tymbres ſe hacen de cobre, y eſtaño fundidos à un tiempo; porque ſe ha reparado, que el metal mezclado es mas duro, mas fuerte, y mas elaſtico, que los metales ſimples, de que ſe hace la mezcla.

La mayor parte de los miſmos metales ſin liga, quedan capaces de una mayor reaccion, quando ſe baten ſin fuego. Eſto ſe conoce bien en una baxilla. Una cuchara, ò tenedor fundido ſolamente, y limado, ſin que deba nada à los golpes del martillo, cueſta menos, pero es de menos dura: al menor movimiento ſe dobla la pieza, y jamàs queda bueno el bruñido. Un Artifice inteligente en Reloxes, en inſtrumentos de Mathematica, en coſas de Platerìa, &c, jamàs dexa de batir ſus obras, no ſolo para dar-

les

les mas ſolidèz, ſino tambien para valuarlas con un bruñido mas brillante, juntando las partes, y cerrando mas los poros del metal.

Entre todos los cuerpos, en que ſe aumenta artificioſamente la elaſticidad, ninguno es mas digno de notarſe, que el hierro convertido en acero; y de quanto ſe ha empleado para eſte efecto en dicho metal, nada es comparable al *temple.*

Primeramente ſe ha de ſaber, que el acero no es metal particular; debe mirarſe ſolamente como un hierro preparado, aunque ſe hayan encontrado minas, que immediatamente lo produzcan. El mas ordinario, y el mas fino, es el que ſe hace en la fragua con el hierro, introduciendo en èl una cierta cantidad de partes ſalinas, y ſulphureas, que le aumentan ſu dureza, y lo dexan en buen eſtado para el temple. Lo ſegundo: templar el acero, es enfriarlo de golpe, luego que ſale del fuego, hecho aſqua; y eſto ſe hace ordinariamente metiendolo en agua fria, ò en otra coſa equivalente.

Los principales efectos del temple en el acero, y aquellos de que ſacan las Artes mas provecho, ſon el dexarlo muy duro, aumentar ſu elaſticidad, y hacerlo mas durable. Todos los inſtrumentos cortantes, aun aquellos que ſirven para el cultivo de las tierras, en una palabra, deſde la lanceta haſta la azada, todos deben ſu principal merito à eſta dureza, que

cueſ-

cuesta tan poco, y que por excessiva serìa poco ventajosa, si no se tuviera cuidado de moderarla con un grado de calor, que se le dà despues del temple.

Con razon han avivado la curiosidad de los Physicos mas habiles los efectos admirables del temple en el acero. Todos han deseado saber las causas, y aun algunos han aventurado sus explicaciones. Pero es justo convenir, que nadie las ha dado tan verosimiles, y tan bien fundadas, como el Cavallero de Reaumur. Despues de una larga série de experiencias de muchos años sobre esta materia, supone, que la accion del fuego arroja de lo interior de las moléculas del acero una gran parte de las sales, y azufres, que estàn disseminados en èl, sin hacerlas salir por esto de la massa total: suposicion fundada en los efectos ordinarios, y conocidos del fuego, y en la experiencia misma; porque por otra parte se sabe, que el fuego procura siempre la union de las partes semejantes en la fundicion de las materias heterogeneas, y fixas; y quando su accion aumenta en el azero hasta un cierto termino, lo despoja de sus azufres, y sales; lo que llaman *quemar* los Artifices. El temple, pues, prende en el acero, en ocasion, en que sus principios, aunque los mismos se hallan mezclados diferentemente. Antes de ponerlo al fuego, las partes salinas, sulphúreas, metálicas, &c, divididas extremamente, è íntimamente

mezcladas, componian un todo de un texido mas uniforme, pero no obstante, mas heterogeneo en sus moléculas; puesto que cada una igualmente participaba de las tres especies de materias, que entran en la composicion del acero; pero luego que se le dà un grado suficiente de fuego, las sales, y azufres extraìdos, y por decirlo asi, en pelotones separados de lo metálico, componen un todo mas homogeneo, aunque mas poroso, y menos ligado, por lo que mira à la conjuncion de los pelotoncitos de diversas especies. Esta hypothesi, (en caso que lo sea) explica con gran felicidad todos los phenomènos, que resultan del temple.

Primero: Quando despues de templado, salta el acero, parece el grano mas gruesso; porque las partes metálicas, mas aparentes por su color, se havian reunido en massas pequeñas, mas separadas entre sì.

Segundo: El temple dà al acero mas volumen del que tenia antes; y ello ha de ser asi; puesto que lo fixa en un tiempo, en que es menor la mezcla, y la union de sus principios.

Tercero: El acero se endurece al temple, porque sus moléculas se forman de partes mas semejantes, y por lo tanto mas faciles de unirse.

Quarto: El acero templado salta mas presto que el que no lo està, ò à lo menos no lo està tanto; porque la travazon de sus moléculas entre

sì

sì es menor; por ser de materias desſemejantes, y porque ſe tocan por una ſuperficie mas pequeña.

Quinto: En fin, el nuevo grado de calor dexa al acero templado menos fragil, y mas flexible; porque un grado de fuego moderado hace, que renazca, en parte, la mezcla íntima de las partes desſemejantes, y que tome un eſtado medio entre el de un acero ſin temple, y el de un temple exceſsivo.

Aunque haya varios modos ciertos para aumentar, diſminuir, y aun aniquilar el reſorte de muchos cuerpos, no por eſſo ſe conoce mejor la cauſa de la elaſticidad en general. Quanto ſe ha imaginado haſta ahora para dàr razon de ella, à lo mas, ſolo puede paſſar por conjeturas: las unas deſmentidas viſiblemente por la experiencia; otras que ſuponen la queſtion; y otras en fin mas ingenioſas que probables, pero que no tienen ningun hecho à ſu favor.

Decir que un reſorte, que ſe eſtiende, en encorbandolo, tiene los poros mas abiertos en ſu parte convexa, parece indubitable; que los poros, aunque mas abiertos, no lo eſtàn baſtante para llenarſe de ayre grueſſo, y que quedan vacìos, aun eſto parece veroſimil; pero añadir, que en conſequencia de los tales vacuolos, la preſsion del ayre, que obra por la parte opueſta, cauſa el esfuerzo, que ſe vè en un cuerpo elaſtico por recobrar ſu primer eſta-

do, ésto no lo dice la razon, y lo desmiente formalmente la experiencia; porque la elasticidad tiene los mismos efectos en un sitio, en que no hay ayre grossero, como en qualquiera otra parte.

Llamo *suponer la question*, atribuir el resorte de los cuerpos al ayre, que estos contienen entre sus partes como otros tantos balones pequeños, que se hallan comprimidos en la parte cóncava de una vara, que se dobla, y que oponen su reaccion, hasta que se enderece; porque siempre queda que saber la causa del resorte del ayre.

En fin, si con la variacion de la figura, que se causa en un resorte estendido, se supone la accion de un fluido, que se halla en todas partes, como la materia sutìl, ù otra cosa semejante, que obra por su proprio peso; se podrà forjar una explicacion algo verosimil; pero mucho dudo, que sea bien recibida, si no se apoya con algun hecho; y yo no veo modo facil de hallar alguno convincente.

Lo que havemos dicho en la Leccion precedente, y en esta, tocante à la divisibilidad de los cuerpos, à la sutileza de sus partes, à la variedad de sus figuras, à su impenetrabilida d, y à su porosidad, nos empeña, è impone obligacion de explicar en general el modo con que adquirimos el conocimiento de los objetos, que nos rodèan. Porque todo lo que està fuera de

no-

nosotros mismos, quedarìa incognito, si no hiciesse en nosotros alguna impresion sensible: y esta impresion, que toma tantas, y tan diferentes formas, casi la debèmos enteramente à la extrema pequeñèz de las partes, que nos tocan, y à las figuras diferentes, que ellas afectan. Todo lo material se dirige à nuestros sentidos, y nosotros juzgamos por lo que estos nos dicen.

DIGRESSION SOBRE LOS *Sentidos.*

LLamanse *sentidos* ciertas facultades del cuerpo animado, por las quales éntra en comercio con los objetos exteriores: siendo otros tantos medios establecidos por el Criador Supremo, para poner à los animales en estado de nutrirse, de defenderse, de ayudarse mútuamente, y de multiplicarse; porque sin los sentidos, apenas se diferenciarìan de una planta, que vegeta en el mismo sitio, en que la produxo la naturaleza; que se seca por el pie, quando le falta la nutricion; y que sufre con la misma insensibilidad la azada que la cultiva, que el hierro que la corta.

El exercicio de los sentidos es una funcion puramente animal: no menos propria al hombre que à las bestias; al parecer algunas de ellas, han salido en ésto mas bien proveìdas, que no-

nosotros. Què delicadeza en el olfato del perro! Què esphera de vista la de las aves de rapiña!

Cinco especies de sentidos se distinguen comunmente. *Vèr*, *oìr*, *olèr*, *gustàr*, y *palpàr*. Pocos animales hay, que no tengan otros tantos: y quizàs havrà en la naturaleza alguna otra especie, que tenga mas, y que nosotros no conocèmos. Pero en esto sucede, lo que en otras cosas que no son impossibles; que no debe admitirse sin necessidad, y sin pruebas. Cada sentido tiene su sitio particular en alguna parte del cuerpo, que por lo tanto, se llama su *organo*; la oreja es el organo del oìdo; los ojos el de la vista, &c.

Aunque todo organo sea sensible, no por esto lo es para toda suerte de objetos; cada uno tiene su termino particular: En vano se dirigirà la oreja ácia la vista; y la vista mas perspicàz no percibirà el sonido de una campana. Aun quando el objeto fuera proprio del organo à quien se dirige, no tuviera lugar la sensacion natural, si la impression fuera ò muy fuerte, ò muy débil. La imagen del Sol no se distinguiera, si se recibieran sus rayos immediatamente en los ojos; y pocos podràn leer un escrito de letra menuda à la luz de las estrellas.

Què cosa es, pues, *sentir*, ò usar de los sentidos? Por lo que mira al cuerpo animado, es recibir en este, ò en aquel organo la impres-

preſsion moderada de un objeto, que lo hiere immediatamente por sì miſmo, ò mediante alguna materia diſtinta. Por lo que mira al alma, que anìma al cuerpo, es figurarſe las idèas, que tiene aligadas à eſtas impreſsiones, ò formar otras nuevas, ſi las impreſsiones lo ſon. Un hombre, por exemplo, dirige la viſta à un perro enmedio del dia: la luz, que dà en el cuerpo del animal, reſalta haſta ſus ojos, y forma en el fondo un eſpacio terminado como la figura del animal que la reflecte. Entonces ſe acuerda el alma de la idèa de un perro, que le es familiar; y ſi ſe le ofrece à la memoria la idèa de otro qualquiera, forma ſu juicio ſobre ſi el que vè es grande, ò pequeño, flaco, ò grueſſo, &c, hecha la comparacion. Pero ahora el ſaber cómo el organo herido del objeto determina el alma à diſcurrir en conſequencia, eſto no lo enſeña de ningun modo la Phyſica, y ſegun creo, excede la eſphera de nueſtras luces poco vivas. La union del alma con el cuerpo, el comercio de eſtos dos entes de tan diferentes naturalezas, es uno de los myſterios, cuya admiracion quizàs ſerà mas prudente, que ſu eſtudio.

Aſsi como un hombre vè à un perro, aſsi tambien un perro vè à un hombre; y ſus acciones, del miſmo modo que las nueſtras, parece ſe arreglan, ſegun lo que vè, oye, &c. Què es, pues, lo que paſſa en eſte animal, quando

do un objeto hiere alguno de sus sentidos? Tambien es esta una de aquellas questiones espinosas, en donde la curiosidad naufrága, y en que los ingenios mas felices han agotado toda su Philosophia. Segun la Doctrina de Descartes, una bestia no es mas que una hermosa máquina, cuyas piezas estàn tan bien proporcionadas, y ordenadas con una correspondencia tan perfecta, que movida una por el objeto exterior, que la toca, se determinan las otras immediatamente à moverse de este modo, ù del otro. Haviendose tocado de cierto modo las cuerdas de cada organo, se introducen en los miembros los diferentes movimientos, de que resulta tal, ò tal accion. Este pensamiento es grande, es valiente, y aun es engañoso, quando se discurre sobre èl sin prevencion alguna: pero se le quita la fuerza, quando se quiere fundar su verisimilitud en exemplos, y en semejanzas. Entre todos los entes animados, el que nos parece mas torpe, (una ostra, v. g. un caracòl) excede sin comparacion al relox mas perfecto, y todo quanto el Arte ha podido producir de mas ingenioso. Jamàs consentirà el vulgo en mirar las acciones de un cavallo, de un perro de caza, &c, como efectos de un mecanismo puramente material; para gustàr de esta Philosophia, es preciso tener algo de Philosopho.

Algunos creen, que el cuerpo de una bestia

està

eſtà animado, y conducido por una coſa inteligente, que comienza, y acaba con èl, y que es el principio de todos ſus penſamientos, y de todos ſus diſcurſos, de que ſe creen vèr algunas ſeñas en las diverſas acciones de los animales.

Pero no por eſto ſe ha de creer, que tomando eſte partido, ſe evacuan todas las dificultades. Quando ſe conſidera la docilidad de un animal domeſticado; los ardìdes, y deſtreza de ciertas beſtias voraces; el buen orden, que reyna en algunas eſpecies de inſectos, que viven, y trabajan en compañia, es muy bueno dàr razon de ello, diciendo: *Que todos eſtos animales ſon diſcurſivos de cierto modo; que el Autor de la Naturaleza los ha hecho tales, poniendo en ſus cuerpos un alma de una eſpecie conveniente à ſu condicion.* Pero ſi eſta alma es immaterial, como algunos pretenden, en què viene à parar, quando haviendo dividido en cinco, ò ſeis trozos una lombrìz, v. gr. cada trozo continùa viviendo, y queda hecho un animal del todo ſemejante al que ſe havia dividido? como no há mucho que ſe ha obſervado. (*) Luego en el miſmo individuo havia muchas almas; ò ſi no, tenèmos yà diviſible, lo que no es material? No llevèmos

 eſta

(*) Mr. de Reaumur *Hiſtoir. des Inſectes, tom. 6. dans la Preface, pag.* 54.

esta question mas adelante en una Obra, en que nos hemos prohibido toda disputa metaphysica. Quanto à la materia presente, ciñamonos à dàr à conocer el mecanismo de nuestras sensaciones. Llevèmos el objeto exterior, ò su accion, hasta aquella parte del cuerpo destinada à recibir su impression; y vèamos quáles son las condiciones necessarias en el objeto para ser sensible activamente, y en el organo, para ser herido con eficacia.

EL TACTO.

EL primero, y el mas general de todos los Sentidos, es el *Tacto*; se puede decir, que todos los otros son las especies, y èl es el genero. La sensacion, que se hace en nosotros, quando percibimos el sonido de la voz, ò de algun instrumento, no es mas que una especie de temblor causado en cierta parte de la oreja por el ayre, agitado del cuerpo sonoro. Quando vèmos algun objeto, la luz que viene de èl à nosotros, hiere el fondo de los ojos. Y assi, *gustàr*, *vèr*, *oìr*, *olèr*, hablando con propriedad, es recibir la impression de una cierta materia en tal, ò tal parte del cuerpo. En lugar que el *tacto*, que miramos como el primer sentido, consiste en recibir la impression de una materia qualquiera en tal parte sensible del cuerpo, qualquiera que sea. Los otros sentidos

tidos tienen organos, y objetos proprios; éste ocupa toda la facultad del cuerpo animado, y se estiende à todo lo palpable. Y aun tiene sobre los otros la excelencia de ser activo, y passivo al mismo tiempo. No solo nos pone en estado de juzgar de la impression que se hace en nosotros; sino tambien de lo que resiste à nuestras impressiones: nosotros podèmos aplicar el organo al objeto; pero por lo comun, el tacto es el que nos assegura del estado del cuerpo, que nos importa conocer.

Los cuerpos que tocamos, ò que nos tocan, hacen en nosotros diferentes impressiones, segun su tamaño, su figura, su consistencia, el grado, ò especie de su movimiento, su temperamento, &c: y à todos estos modos diferentes de tocàr se les han dado los nombres, que explican, ò la accion del cuerpo en nosotros, ò nuestra accion en el cuerpo: *Golpeàr*, *picàr*, *punzàr*, *rascàr*, *hacer cosquillas*, son expressiones, que denotan lo que nos hacen sentir diferentes cuerpos, segun su massa, su forma, ò el modo de moverse. *Frio*, *caliente*, *duro*, *blando*, *seco*, *mojado*, denotan de ordinario el efecto que causa en nosotros una materia, que tocamos, por el estado actual de las partes, que componen su massa. Pudiendo variar à lo infinito las sensaciones del tacto, por la variedad misma del objeto, por la extension, y disposicion del organo, y por

los modos diferentes, con que puede aplicarse el uno al otro; es muy dificil llamarlas à cada una por su nombre proprio. Los que acabamos de referir, y muchos otros, que omitimos, no son, por decirlo asi, sino terminos genéricos, con que se dàn à conocer (sirviendose tambien de tal qual circunloquio) las diferentes especies, que pueden tener con ellos alguna relacion. Por *cosquillas*, v. gr. se denota una picazòn que se siente en la garganta, quando cierta ligera acrimonia excita la tòs. Se dice, que un remedio *punza*, para dàr à entender, que dexa sus impresiones en las partes por donde passa.

Aunque ordinariamente estè fuera de nosotros el objeto del tacto, no obstante, las diferentes partes del mismo cuerpo no dexan de obrar reciprocamente unas contra otras, tanto ácia fuera, como ácia dentro. Quando la mano toca al pie, produce dos sensaciones, y es al mismo tiempo objeto de la una, y organo de la otra. No dàmos señales de sentir lo que passa en lo interior, y sin interrupcion; porque la costumbre, y el habito, nos impiden que lo sintamos. La accion de los fluidos contra los sólidos, v. gr. solo es sensible, quando trae consigo alguna mutacion en el estado natural: y entonces sentìmos lo que se llama *flaqueza, debilidad, ò dolor.*

En general, se puede decir, que los ner-

vios

vios ſon la parte mas eſſencial en cada organo. En ella ſe termìna la accion del objeto, y ſin ella no percibimos nada mecanico: el fondo del ojo, en donde la viſion ſe perficiona, no es mas que una expanſion del nervio Optico: la lamina eſpiral del *guſano*, que ſe mira como la pieza que tiene mas parte en las funciones de la oreja, es un compueſto de fibras nervioſas: el organo del tacto eſtà eſtendido por todo el cutis, y eſpecialmente por la ſuperficie exterior, en donde ſaben todos, que terminan todos los nerviecitos, que forman la mayor parte de eſte texido. Eſtos ſon como unos pezoncitos, cuya diſpoſicion forma una eſpecie de ſulcos ácia la extremidad de los dedos, en donde ordinariamente es mas fino el tacto, que en qualquiera otra parte. No hà mucho, que un habil Anatomico (*) diò à luz una deſcripcion de la piel muy conciſa, y muy inteligible, en un tratado eſcrito *exprofeſſo* ſobre los ſentidos: cuya lectura ſerà de mucha utilidad à los que ſobre eſta materia quiſieren mas menudencia en las inſtrucciones, que la que ſe les puede dàr en eſte lugar.

Lo que inconteſtablemente prueba, que los nervios ſirven mas al tacto, que qualquiera otra parte, es, que eſte ſentido exerce ſus funciones con mayor, ò menor perfeccion, ſegun

(*) M. Le Cat. *Traité des Sens*, *pag.* 207.

gun el estado actual de esta especie de fluequecitos nerviosos, que se perciben en la superficie del cutis, y que solo estàn cubiertos con el *epidermes*: (*fig.* 11.) yà los seque una quemadura, yà los cubra una materia extraña, yà un frio excessivo los entorpezca, ò les impida el movimiento; siempre perderà la sensacion la parte donde ellos estàn, y no la recobrarà, hasta que cessen los tales accidentes. Las enfermedades de los nervios, que jamàs llegan à destruir su economìa, son tambien las mas agudas, porque tiran immediatamente al organo de las sensaciones; el entorpecimiento, y la perlesia, que suspenden, ò que hacen parar el curso de sus funciones, causan por lo ordinario la insensibilidad.

Varios accidentes, enfermedades, y aun la misma vejèz, nos priva muchas veces de los otros sentidos. Vèmos con frequencia ciegos, sordos, y aun otros, que casi enteramente han perdido el gusto, y el olfato; pero rara vez se encontrarà un hombre del todo insensible. Presto se halla la razon, si se considera, quántas son las partes por donde podèmos sentir los objetos exteriores como resistentes, en comparacion de las organicas, que nos los representan como sonoros, colorados, con sabor, ò con olor. La extension del tacto es un recurso, dispuesto por la naturaleza, para los que estuvieren privados de los otros sentidos por al-

algun accidente, ò por vicio de la configuracion. Tambien vèmos muchos ciegos, que suplen con el tacto la falta de la vista: y aunque aquel no sea, ni con mucho, tan delicado como los otros sentidos, no obstante hace prodigios, quando se usa de èl por necessidad, y se perfecciona con el uso. No por esto quisiera salir por garante de todos los que se cuentan con esta ocasion; porque todo lo maravilloso, que hay entre ellos, no dexa de exagerarse algun tanto.

EL GUSTO.

COmo el aumento, y conservacion de los animales, depende del alimento que toman, y de que ellos lo escojan por sì mismos, era muy conveniente, que la naturaleza los formasse de modo, que tambien por sì mismos deseassen los alimentos necessarios, y supiessen distinguir los que mas les convienen: era justo sintiessen la necessidad de comer, y tuviessen gusto en satisfacerla; porque sin esta precaucion, el cuidado de vivir serìa una carga. Juzguèmos de ello por nosotros mismos: Si el ponerse à la mesa, no fuera mas que el cumplimiento de alguna obligacion, nadie me negarà, que no serìan tan comunes las indigestiones, y quizàs se verìan morir muchos aniquilados. El Autor de la Naturaleza previò este des-

orden, y para impedirlo puso en nosotros otros motivos mas poderosos, que nuestra pereza. El estomago, en ayunas nos importuna con la hambre, y con la sed; y la boca por donde entra la provision à estos dos apetitos, satisface tambien con los sabores que gusta, al trabajo que toma en preparar los alimentos para la digestion.

El gusto, pues, consiste, en sentir la impression de las materias sabrosas, en admitirlas, ò arrojarlas, segun las idèas que ellas producen, y el juicio que despues se forma.

Los sabores, (objeto del gusto en general) vienen principalmente de las partes salinas, que se hallan en todas las materias, asi animales, como vegetables, y que se toman como alimento, ù como remedio. Estos cuerpecitos angulosos, y cortantes, tienen mas proporcion, que otros, para penetrar hasta el organo immediato, y hacerse sentir en èl. De esto se puede formar juicio, poniendo en la lengua un grano de sal pura, de qualquiera especie: es cierto, que la impression, que hace, es muy fuerte; y por la analysis se muestra, que los mixtos, que hacen mas impression, son los mas abundantes en sal.

Solo se conoce un numero muy corto de sales, que se diferencien essencialmente, ò cuyas partes desleìdas en agua, se muestren en figuras constantemente diversas. De aqui se sigue,

que

que las ſenſaciones del guſto variarìan muy poco, ſi las particulas ſalinas, que contienen los alimentos, produxeſſen ſu efecto en el organo, ſolas, y ſin mezcla; pero la naturaleza las ha mezclado con otros principios, que no ſon ſabroſos por sì miſmos, que no obran ſino como objetos del guſto en general, y cuyo numero, y doſis ſe combinan de infinitos modos. El agua, la tierra, el ayre, el azufre, el aceyte, ſon otras tantas materias inſipidas, que ha hecho entrar la naturaleza en todo lo que ſirve de alimento à los animales. La boca, al deshacer eſtos alimentos, produce una eſpecie de lympha, que facilita la deſunion de las partes, y ſirve para desleìr los principios; pero eſte diſſolvente no prende tanto en unos, como en otros: el azufre, y el aceyte, v. gr. no ceden tan facilmente à ſu accion, como la tierra, y el agua; y aſsi, la parte ſalina nunca ſe deſpega, ſino imperfectamente, y ſegun la diſſolubilidad de aquella parte con quien eſtà eſtrechamente unida.

Los ſabores mas ſimples, y en que todos generalmente convienen, ſon aquellos en quienes eſtàn las ſales menos mitigadas por la mezcla de otras materias. Todos conocen lo *ſalado*, *agrio*, *dulce*, *amargo*, *acre*, *&c.* Eſtas diverſas ſenſaciones ſe ſeñalan tan bien, que deſde luego ſe diſtinguen, y ſon como la baſe de todas las otras: tanto mas dificiles de explicar, y decidir, quanto mas ſe apartan de la

primera ſimplicidad. Lo amargo del café, corregido con lo dulce del azucar, produce una ſenſacion mixta; el zumo de las frutas, mezclado con el eſpiritu de vino, toma un nuevo guſto: el de las carnes ſe muda caſi del todo, y ſe guiſa de mil modos diferentes, como ſe ſabe, por un numero infinito de preparaciones, y de mezclas, cuya delicadeza ha producido un nuevo Arte, importante, y muy cultivado en nueſtro ſiglo.

Lo miſmo, que con el objeto del tacto, ſucede con el del guſto: los ſabores mixtos dependen de ciertos principios, cuya union ſe puede combinar de infinitas ſuertes: y es impoſſible darle à cada uno ſu nombre particular: ſuelen explicarſe, comparandolos con algun ſabor mas ſimple, ò mas conocido; como quando ſe dice: *Tal fruta es un poco acre, y amarga; tal peſcado tiene el guſto del Lucio, &c.*

En quanto al organo del guſto, todos los Anatómicos convienen en que reſide en la lengua principalmente. Muchos de ellos creen, que eſtà en todo lo interior de la boca, y no pocos lo eſtienden haſta el eſóphago, y aun haſta el eſtómago. De ningun modo es poſsible ceñirlo à la lengua ſolamente; cada uno por propria experiencia puede conocer, que las materias ſabroſas ſe dexan ſentir, aunque no con tanta fuerza, en el paladar, y en el fondo de

la

la boca. Pero lo que decide la queſtion, es, que ſe han viſto muchos ſin lengua, que guſtaban los alimentos. (*)

En el ſentido del guſto tambien ſe vè conſtituìdo el organo immediato por la extremidad de las fibras nervioſas, y pezoncitos, de que hablamos arriba: pero con eſta diferencia, que para la ſenſacion del tacto ſon pequeños, y eſtàn cubiertos de una ſobre-piel bien unida, y de un texido algo cerrado; pero en las partes de la boca, en que ſe obſervan, y ſobre todo en la lengua, (*fig.* 12.) ſon mas grueſſos, menos compactos, y como encerrados en un forro, ò vayna muy poroſa; por otra parte eſtàn bien empapados en una lympha, que les conſerva la flexibilidad, y dexa à la parte ſabroſa de los alimentos en eſtado de tocarlos del modo que conviene para hacerſe ſentir; pues la tal lympha divide la dicha parte, y la deslìe de modo, que llega à darle el grado de tenuidad neceſſaria para introducirſe por eſta piel muy poroſa, que cubre los fluequecitos nervioſos, en donde debe hacerſe la impreſsion.

El organo del guſto ſe gaſta, y ſe echa à perder como los otros, uſando immoderadamente de ſu objeto: los ſabores fuertes, como los licores eſpiritoſos, y eſtos guiſos tan eſtudiados à la moda hoy dia, diſminuyen mucho

(*) Mem. de la Academ. año 1718. pag. 6.

la ſenſibilidad de las partes, que ſufren la impreſsion frequentemente. Por la experiencia ſe vè, que la gente del pueblo, acoſtumbrada à beber aguardiente, no hallan ſabor en el vino, y hacen poco caſo de él. Al contrario ſe vè, que los que beben agua ſolamente, tienen por lo ordinario el guſto mas delicado, y mas fino, que los otros. Eſta bebida, que caſi no tiene ſabor alguno, conſerva toda la ſenſibilidad del organo, porque no puede alterar de ningun modo ſu textura. Tambien pueden cauſar algun deſorden en eſta parte, la enfermedad, ò la edad abanzada: al principio de una convalecencia ſucede muchas veces, que los alimentos no tienen, al parecer, ningun ſabor; porque queda aùn algun humor vicioſo, que cierra los poros, por donde han de paſſar las particulas ſabroſas; ò porque los accidentes, que han precedido, han cauſado alguna alteracion en el organo, y éſte no ha recobrado ſu eſtado natural. Pero inſenſiblemente voy paſſando los terminos de mi Facultad. La Medicina, y Anatomìa añadiràn, pues les toca, lo que aqui puede faltar: quizàs havrè yo dicho yà demaſiado.

EL

EL OLFATO.

EL olfato, à quien ponemos en el tercer lugar entre los ſentidos, comenzando por los menos delicados, al parecer; podia colocarſe en el ſegundo, atendiendo al orden, que ſigue la naturaleza en el uſo de ellos; porque ſus funciones preceden muchas veces las del guſto. Por lo comun, nada de lo que nos ponen à beber, ò comer, paſſa à la boca, ſin examinarlo, y aprobarlo antes por el olfato. Y los animales, en quienes el tacto, ni es tan familiar, ni tan fino como en noſotros, deciden por el uſo de la narìz, la calidad de los alimentos, ſobre todo quando ſon nuevos para ellos, y no perciben en lo exterior alguna ſemejanza con los que yà conocen. Hay una tan grande afinidad entre el guſto, y el olfato, aſsi reſpecto del objeto, como reſpecto del organo, que algunos Anatomicos miran à eſte ultimo como una parte, ò como un ſuplemento del primero. Y en efecto vèmos, que lo que guſta al uno, naturalmente no diſguſta al otro: y viene la tentacion de llevar à la boca las materias, que exhalan algunos olores delicioſos; y ſi por caſualidad no es agradable al olfato algun alimento de los que eſtàn en uſo, es meneſter, ò habituandoſe, ò con otros motivos poderoſos, vencer la repugnancia, que no dexa de produ-

cir-

cirse; sin lo qual queda el uso prohibido con solo el testimonio de la nariz.

Muchas veces sucede, que las sensaciones del gusto se mezclan, y confunden, por decirlo assi, con las del olfato, por la comunicacion que hay de la boca con lo interior de la nariz: esto acaece, quando los sabores son espiritosos, y volátiles; y de aqui nace tambien una prodigiosa variedad de diferentes sensaciones, segun la mayor, ò menor parte, que toca al olfato. Si esta es demasiada, como su organo es mas sensible, que el del gusto, éste pierde su derecho por algunos instantes, y toda la sensacion pertenece al olfato. Quièn no sabe lo que sucede, quando se toma una dosis de mostaza algo excessiva, ò quando se bebe cerveza fuerte à grandes sorbos?

Parece, que las sales volátiles son el objeto principal del olfato, y que la variedad de los olores nace de la mezcla, y de la cantidad de los otros principios con quien estàn unidos: porque las sales fixas no son capaces de elevarse hasta el organo; y todo lo que no es sal en los mixtos, aunque sea volatil, parece *insipido* al olfato, como al gusto. Por el contrario se observa, que todo lo que facilita la evaporacion de las materias, en que abunda la sal volatil, y todo lo que desune sus principios, los hace tambien mas odoriferos. Quando se està cociendo alguna vianda, la accion del fuego di-

divide las partes, las ſutiliza, y las pone en eſtado de exhalarſe, y entonces ſon muy ſenſibles los olores. Quando ſe mezcla la ſal ammoniaca hecha polvos con cal viva ò con ſal tartaro, ſe deſprende el volatil urinoſo, ſe eleva, y ſe dexa ſentir vivamente.

Por eſta miſma razon la fermentacion, ò la putrefaccion hace caſi ſiempre odoriferas las materias que naturalmente no lo ſon, ò lo ſon muy poco; y las mas veces muda la calidad de los olores; porque eſtos movimientos inteſtinos dàn tiempo para que las partes dexen ſu lugar, y ſe deſunan. Si eſta deſunion no llega à deshacer las moléculas, y à mudar la naturaleza del mixto, que comienza à fermentar, quedarà ſolo mas odorifera, porque ſe exhala en mayor cantidad; pero ſi llegan à ſepararſe los principios miſmos, que componen las partes integrantes, no ſolo quedarà mas fuerte, y penetrante el olor, por quedàr el organo herido de otras partes mas ſutiles; ſino que ſerà de otra eſpecie la ſenſacion, por venir de unos corpuſculos de diferente figura, en que la parte ſalina, que es el agente principal, ſerà mas, ò menos abundante, ò eſtarà mas, ò menos desleìda. La fruta, que ſe pudre, la carne, que ſe corrompe, exhalan unos olores mas, y mas deſagradables, no ſolo por mas fuertes, ſino por mas fétidos, al paſſo que ſe aumenta la corrupcion.

Me-

Menos distincion hay aùn entre los olores, que entre los sabores: apenas se puede convenir en algunas sensaciones fundamentales en esta especie; los mas se contentan con referir las menos conocidas à las que lo son mas, como al humo del azufre, al del lienzo quemado, al vapor de la orina, à la violeta, al limon, al ambar, &c; sin pretender por esto, que sean olores simples estas diferentes exhalaciones.

Es, pues, necessario, que los corpusculos capaces de hacer impresion en el organo del olfato sean prodigiosamente divisibles. De esto puede hacerse juicio por una experiencia, y por algunas observaciones, que dexamos referidas en la primera Leccion, tercera Experiencia, para probar en general hasta dónde alcanza la divisibilidad de los cuerpos. Las tales particulas exhaladas vuelan en el ayre, y éste las introduce en lo interior de la narìz, donde està el organo, determinandolo la respiracion à tomar este camino.

El interior de la narìz està cubierto de una membrana, que los Facultativos llaman *pituitaria*: la qual es un texido, compuesto por la mayor parte de las fibras del nervio olfativo, que comunmente se reconoce como sugeto de los olores. Estas fibras nerviosas se terminan en la superficie de la membrana en forma de pezoncitos, en los quales se hace la impression de los corpusculos odoríferos. (*fig.* 13.)

Este

Este es, hablando por mayor, el organo del olfato: no conviene detenernos aqui en una explicacion mas circunstanciada: los que quisieren imponerse mas à la larga, podràn satisfacer su deseo en el Tratado de Mr. Le-Cat, arriba citado, en la Exposicion Anatómica de Mr. Winslow, &c. Solo añadirè, que los olores fuertes, y el frequente uso de ellos endurecen, por decirlo asi, los fluequecitos nerviosos, à que se aplican, y les hacen perder aquel gusto delicado, que sienten ordinariamente los que no gastan tabaco, ni perfumes. El uso de este sentido se pierde tambien por algun tiempo, quando cierto humor excessivo, ò demasiadamente espeso, en vez de humedecer el organo lo preciso para conservar su flexibilidad, y sensibilidad, hincha, y ahoga toda su substancia: porque entonces, no solo no queda en su estado natural, sino que el ayre, que passa con trabajo, no lleva consigo la misma cantidad de olor. Lo qual se siente, y es facil de observar, quando uno està arromadizado.

Aqui no dirèmos nada del oìdo, ni de la vista, porque en tratando del sonido, y de la luz, no faltarà ocasion de explicar el mecanismo de estos dos sentidos. Ahora para acabar esta digression, añadirè algunas notas, que pueden aùn ofrecerse, sobre los sentidos en general, considerados en el hombre.

Lo primero: Aunque cada individuo de nuestra especie, segun la intencion de la naturaleza, haya de aplicar el uso de sus sentidos al fin, para que se los dieron; no obstante, no se puede dudar, que no todos los hombres gozan de estas facultades en un mismo grado de delicadeza. Se han visto algunos, (*) en quienes el olfato era tan fino como el de los perros de caza; otros, que distinguìan los objetos en sitios en que la obscuridad los ocultaba à las vistas ordinarias. Ciertos catadores perciben en los guisos, y en los licores algunas diferencias, que se ocultan à los gustos comunes. Un tal grado de perfeccion en los sentidos sin menoscabo de alguna prerogativa de mas precio, se ha de mirar como un beneficio de la naturaleza; pero no es defecto, ni nos hemos de quexar, de que la sensibilidad de nuestros organos sea limitada, ni de que nuestras sensaciones no tengan toda aquella extension, que podrian tener. Al contrario, una delicadeza de sentidos mucho mayor que la que de ordinario tenèmos, nos expondrìa à varias incomodidades, à menos que al mismo tiempo no se reformassen los objetos, que hacen en ellos las impressiones convenientes, y que no variassemos tambien en el modo de pensar. Una luz muy fuerte nos lastìma los ojos,

(*) *Journal des Sçav.* 1667. *Mem. de Trévoux Fev.* 1725.

ojos, ſegun ſu conſtitucion actual; ſi fueran mas delicados, ſiempre ſerìa exceſsiva una claridad ordinaria, y jamàs vieramos ſin dolor. Serìa acaſo guſtoſo vèr ſiempre los objetos como ſe vèn con el Microſcopio.? El cutis mas delicado nos pareceria ſiempre como un texido mal ajuſtado, ò lleno de rugas: y el diamante de mas brillos ſiempre nos moſtrarìa las caras mal diſpueſtas, y con poca ſimetrìa. Facil es aplicar à los otros ſentidos eſta reflexion.

Lo ſegundo: Aunque el objeto haga la impreſsion ſuficiente en el organo, muchas veces ſucede, que la ſenſacion no ſurte ſu efecto en el alma. Quántas veces ſe fixa la viſta en un objeto claro, ſin vèrlo? Quántas ſe habla alto à uno, que no es ſordo, y no obſtante, no entiende lo que le dicen? No todos los cuerpos que tocamos, ò que nos tocan, llegan por eſſo à nueſtro conocimiento. La razon es, que para conocer lo que ſe toca, es neceſſario tentarlo; para entender, es neceſſario eſcuchar, como mirar, para vèr. Ahora pues: tentar, eſcuchar, mirar, no es preciſamente dexàr al objeto que óbre ſobre el organo, ſino que à eſto ſe junta la atencion del alma con el exercicio del ſentido que hace ſu funcion actualmente. Un hombre diſtraìdo, por lo comun eſtà como un ſordo, como un ciego, como un inſenſible. Quièn no conoce los efectos de la diſtraccion?

Lo tercero: Las ſenſaciones, como queda

dicho, producen varias idèas, y estas idèas agradan, ò desagradan al alma, que las concibe. Pero lo mas admirable es, que el objeto mismo, que agrada à unos, desagrada à otros: Algunos gustan de lo amargo; la mayor parte lo aborrece: à estos agradan ciertos olores, à los otros son insufribles: lo que ha dado lugar al proverbio: *Sobre gusto no hay disputas.* Aun mas: lo que hace algunos años que me costaba trabajo sentir, hoy dia me gusta mucho. Uno que mostrò repugnancia, quando bebiò cerveza, ò tomò tabaco la primera vez, en adelante tiene en ello sus delicias todas; el olor del almizcle, que estaba tan à la moda en otro tiempo, ahora lastìma la cabeza à todo el mundo. Acaso los organos no son los mismos, poco mas, ò menos en los hombres; y de un dia para otro se mudan en el mismo individuo?

Pues que es cosa sabìda, que en unos son mas delicadas, que en otros las partes organicas, y por consiguiente mas susceptibles de las impressiones, y que una accion immoderada del objeto puede hacer daño; puede ser, que lo que no serìa en unos mas que una sensacion ordinaria, sea en otros una irritacion violenta, molesta, y de alguna inquietud para el alma, atenta siempre à la conservacion del cuerpo, y que desaprueba todo lo que tira à descomponer la economìa animal.

Pero es justo convenir, en que la imagi-

na-

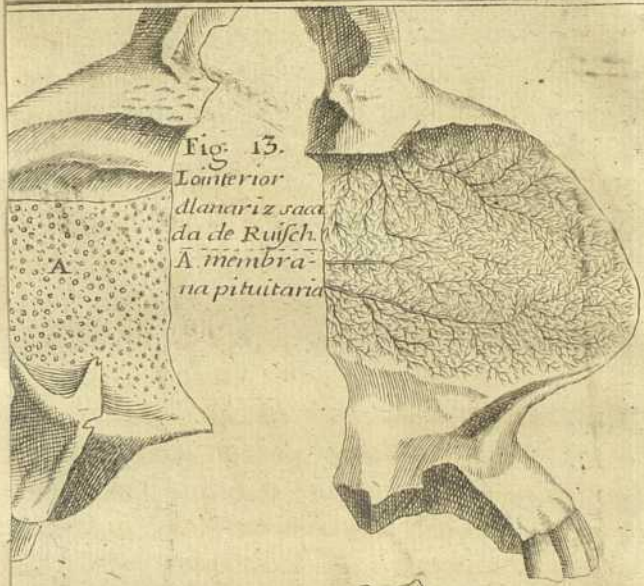


Fig. 13. La interior de la nariz sacada de Ruisch. A membrana pituitaria

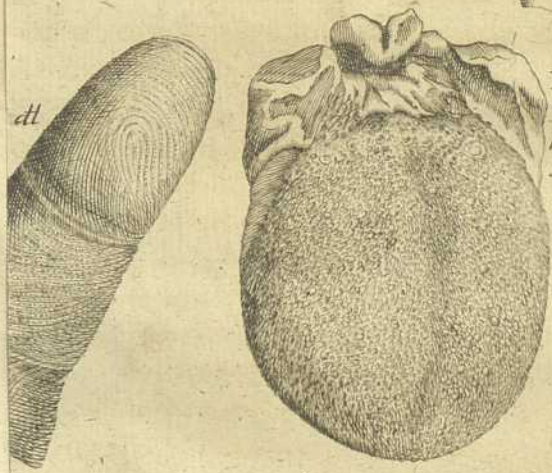


Fig. 12. Lengua humana sacada del tesoro anatomico de Ruisch.

Gonzf.

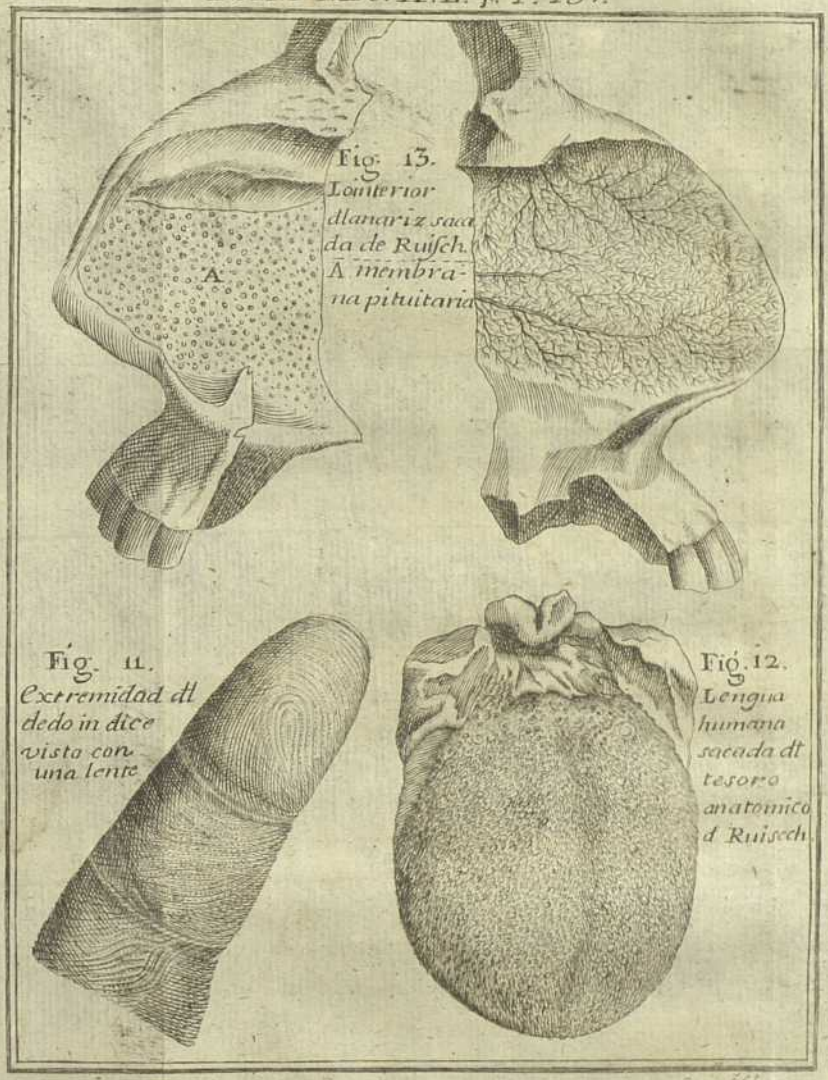


Fig: 13.
Lo interior
dla nariz saca
da de Ruisch.
A membrana pituitaria
A
Fig. 11.
Extremidad dl
dedo in dice
visto con
una lente
Fig. 12.
Lengua
humana
sacada dl
tesoro
anatomico
d Ruisch

Gonzf.

nacion no tiene menos parte, que qualquiera otra cauſa en todas eſtas variedades. Los objetos nos agradan, ò nos repugnan, ſegun las idèas, que fixamos en ellos; y eſtas idèas dependen mucho de la coſtumbre, de la moda, y de la preocupacion. Se le oye decir à alguno, que ſe cree hombre de guſto, que tal materia, en quemandola, dà un lindo olor; eſto baſta para que ſe guſte de ella en probandola. La viſta nos repreſenta las oſtras à primera faz baxo una figura deſagradable; pero poco à poco ſe vàn perdiendo las idèas primeras, y ceden à otras mas agradables, que ſe conciben en guſtando de ellas. Aſsi como las ſenſaciones en parte dependen de la diſpoſicion del organo, del miſmo modo los juicios, que deſpues ſe forman, dependen tambien de las del alma.

LECCION III.

DE LA MOBILIDAD de los cuerpos; del Movimiento, de sus propriedades, y de sus leyes.

SECCION PRIMERA.

DE LA MOBILIDAD DE LOS cuerpos.

NO se ha de confundir la *mobilidad* con el *movimiento*; pues son dos cosas del todo diferentes. La primera es una propriedad comun à todos los cuerpos; la otra es un estado, fuera del qual se consideran comunmente, y que de ninguna suerte les es essencial. Tal vez me represento tal, ò tal materia, sin moverse; pero siempre concibo, que puede recibir el movimiento, que no tiene.

La mobilidad se funda en ciertas disposiciones,

nes, que no todos los cuerpos tienen en un mismo grado. De aqui nace, que unos son mas mobibles, que otros; esto es, que no es necessaria tanta fuerza para hacerlos passar de la quietud al movimiento. De estas disposiciones las principales son la figura, la igualdad de la superficie, y la cantidad de materia contenida en el volumen de un cuerpo, que se intenta mover.

Para concebir esto facilmente, supongamos desde luego dos massas de vidrio, de marfil, &c de igual peso, la una de figura cúbica, y la otra espherica, puestas una, y otra sobre una mesa. Estos dos cuerpos solo diferiràn en la figura, y esto solo bastarà, para que el primero reciba, y conserve el movimiento con mas facilidad que el segundo. Demosles ahora la misma figura, sin quitàr, ni añadir nada à sus massas; pero supongamos solamente, que la superficie del uno està desigual, y la del otro està muy lisa: esta diferencia harà que éste sea mas mobible; una menor fuerza bastarà para moverlo sobre un plano sólido, ò en un fluido. Ultimamente supongamos dos cuerpos bien parecidos por su figura, y por lo igual de sus superficies, pero diversos en las cantidades de materia; una bolita de marfil, v. g. y otra de plomo, de un mismo diametro, suspendidas de la misma suerte, ò sobre un mismo plano horizontal, y bien derecho.

recho. No serà necessaria mas fuerza para mover à ésta, que à la otra? Y la misma fuerza impressa en una, y otra no hallarà menos resistencia en la mas ligera, que en la mas pesada?

Esta resistencia al movimiento que se percibe en todos los cuerpos, mirando precisamente à sus massas, se llama *fuerza de inercia*: y es proporcionada, como tambien el peso, à la cantidad de materia propria de cada cuerpo. Pero aunque dichas dos fuerzas convengan en ésto, no por esso son una misma cosa. No faltan pruebas en contra: el peso, como verèmos despues, exercita siempre su accion de arriba abaxo, y en quanto puede, perpendicular al horizonte. Pero la fuerza de inercia resiste al movimiento por qualquiera parte que se intente mover el cuerpo.

Para figurarnos una idèa justa de la inercia, representemonos la experiencia propuesta por el Cavallero Newton, (*fig.* 2.) Supongamos un cuerpo de un tamaño, y de un peso determinado, v. gr. una bola de plomo, que pese una libra, colgada libremente de un hilo muy largo en un ayre sossegado, y otra bola del todo semejante suspendida de la misma suerte, que và à encontrarse con la primera, llevando quatro grados de movimiento. Si la que se està quieta, no resiste à la que viene à encontrarla, despues del choque se moverìa una, y otra con

qua-

quatró grados de movimiento. Porque no disminuirìa el movimiento en la bola que choca, si no huviera resistencia en la que recibe el golpe: y por què razon ésta, que dexa su sitio, no lo dexarà segun toda la extension del movimiento que la empuja? Pero la experiencia nos enseña otra cosa. La bola, que està quieta, recibe parte del movimiento de la que la impele: y ésta pierde en el choque lo que al parecer gana la otra. Un cuerpo, pues, en quietud opone una resistencia real al esfuerzo, que tira à moverlo. Aùn hay mas: Si la bola, que no se mueve, pesa 30, ò 40 libras, la otra, en quien la massa es mucho mas pequeña, no puede llevarla con el mismo esfuerzo tan lexos como antes. No obstante, si para mover un cuerpo qualquiera solo se tratára de hacerle perder el estado de quietud, el movimiento comunicado serìa el mismo, assi en una massa grande, como en una pequeña. Con que algo mas hay que vencer, fuera de la privacion del movimiento.

Se dirà, que la bola quieta solo resiste, por estàr sostenida del ayre, que la rodèa, y que es necessario separar este ayre, para hacerla mudar de sitio?

Pero lo primero: En los cuerpos que se chocan en el vacuo, se vè lo mismo, ò si hay alguna diferencia, no es sensible.

Lo segundo: La resistencia del ayre es una

parte de la queſtion preſente; porque aqui ſe trata de la inercia de los cuerpos en general. Con que ſi el ayre en calidad de materia reſiſte al movimiento de los cuerpos, que tiran à moverla de ſu ſitio, (y en eſto ſe convenga) la inercia queda probada.

Lo tercero: Si la reſiſtencia, que hace la bola quieta, viniera preciſamente de la del ayre, que la ſoſtiene; para reſiſtir otro tanto mas, ſerìa neceſſario que correſpondieſſe à un volumen de ayre otro tanto mayor; pero el hecho es, que baſta duplicar el peſo de la bola: y nadie ignora, que al duplicarſe la maſſa de un ſólido eſpherico, no ſe duplica la ſuperficie.

Serà, pues, el peſo de la bola ſuſpendida lo que ſe opone para no mudàr de ſitio? Por muy largo que ſe ſuponga el hilo, (dirà alguno) ſi el cuerpo grave, que cuelga de èl, queda libre, lo tendrà tirante en una direccion verticàl, y tomarà ſitio en el punto mas baxo, que le permita la ſuſpenſion. De aqui ſe ſigue, que ſi ſe le obliga à mudar de ſitio, quedarà mas alto en qualquier parte que lo lleven del circuito: y para mudarlo, ſerà neceſſario vencer ſu peſo, que ſe esfuerza à mantenerlo donde eſtaba.

La objecion, aunque precioſa, jamàs obligarà à concluìr, que en los cuerpos no ſe diſtingue del peſo la fuerza de inercia, ſi ſe repara, que en las bolas ſuſpenſas, de las experiencias

ci-

citadas, la resistencia es siempre proporcionada à las massas, consideradas en todo su valor; y al contrario el peso, en tiempo de quietud, està reducido à zero, por el hilo que suspende la bola, y que casi no obra, quando ésta se mueve, si es muy largo, como se supone, y que solo se le hagan describir unos arcos muy pequeños.

Para hacer esto mas inteligible, supongamos la bola quieta à la extremidad del hilo, de que està colgada. En este caso todo el esfuerzo del peso queda vencido por la resistencia del punto de suspension. Si con el dedo se le hace describir un arco de circulo, al passo que se và alexando del sitio en que estaba quieta, se và aumentando mas, y mas el peso en la mano que la dirige: de manera, que si el hilo se pone horizontalmente, la bola hace sentir todo su peso; y al contrario, quando se và baxando por la misma direccion, se conoce que disminuye, à proporcion de su fuerza, hasta que el hilo quede verticàl, y el punto de suspension cargue con todo. Se concibe, pues, que la bola, de que se trata, solo resiste como pesada, quando el hilo no es verticàl, y quando ha passado del sitio mas baxo à otro mas elevado. Este variar de puesto absolutamente ha de preceder à la resistencia, ò al esfuerzo que hace el peso. Pero para hacerla mudar de sitio, es necessaria una fuerza real, capàz de vencer, y de transportar

toda la maſſa de la bola; porque aunque la fuerza que ſe emplèa, es muy poca, no por eſſo dexa de ſer una fuerza real; pero no obſtante, no produce el efecto que ſe pide en un cuerpo ſólido, en quien eſtàn travadas las partes. Con que la bola ſuſpenſa hizo una reſiſtencia, que fuè preciſo vencer; antes que ſu peſo pudieſſe dexarſe ſentir.

Fuera de éſto, los fluidos reſiſten tan bien como los otros cuerpos. Quando un ſólido ſe mueve en el agua con una direccion horizontàl, no ſe puede decir, que la reſiſtencia que experimenta, nace del peſo del *medio*, pueſto que todas las partes de eſte medio, que ſe ſuponen homogeneas, eſtàn en equilibrio entre sì, y que no hay nada que eſperar de ſu peſo, quando ſe mudan, ſiguiendo una direccion del todo indiferente para ellas, qual es la que ſe ſupone.

En fin, la fuerza de inercia ſe halla, aſsi en los cuerpos que ſe mueven, como en los que ſe eſtàn quietos. El que ſe mueve con dos grados, ſolo recibirà otro, quando haya un nuevo eſfuerzo, que ſe lo dè; la miſma reſiſtencia, que opone à la primera fuerza, que lo mueve, la emplèa tambien contra la que intenta añadir algo à ſu nuevo eſtado. Por eſto deſpues de haver referido las experiencias, que prueban la fuerza de inercia de los cuerpos en quietud, añadirè una, que me parece deciſiva, y que no permite con-

confundir los efectos de la inercia con los del peso.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN la maquina, que representa la *fig.* 3. se ponen à la altura de cerca de seis pies dos bolas de marfil A, B; cada una de pulgada, y media de diametro, y pegadas con otra con una poca de cera: el martillo D de la misma materia, està gobernado por un resorte, que se alarga mas, ò menos, y que se recoge, en tirando del cordon E, para que el martillo cayga sobre una de las dos bolas.

EFECTOS.

Haviendo caìdo el martillo sobre la una de las dos bolas de marfil B, ésta se despega de la otra A, y và delante de ella, quando caen.

EXPLICACION.

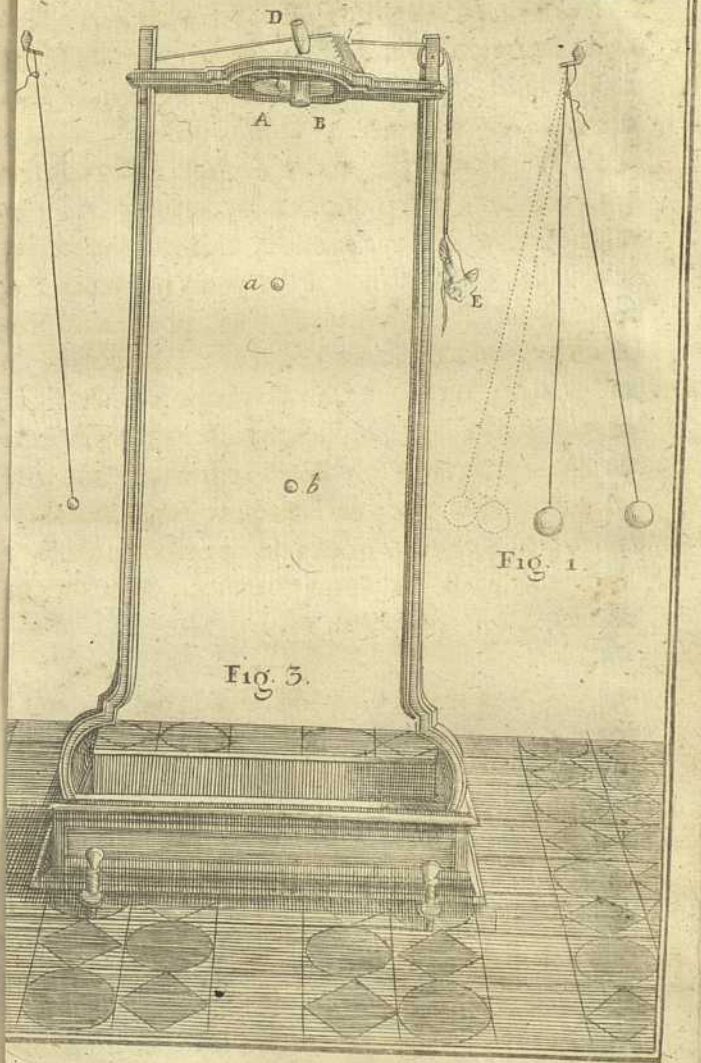
Si las dos bolas despegadas precisamente una de otra, solo obedeciessen à su peso, suponiendo, que comienzan à caer al mismo tiempo, que son semejantes en un todo, y que estàn en un mismo ayre; no se puede dudàr, que

que llegarian juntas al plano, en donde se termìna la caìda. Pero la que recibiò el golpe, que añade algo al esfuerzo de su mismo peso, obedece tambien à este nuevo impulso, cuyo efecto es hacerla que preceda à la otra; y esta precession es tanto mas pronta, quanto fuè mayor el golpe del martillo. Este es un nuevo efecto, que no puede atribuirse al peso; pues para producirlo, es necessaria otra causa particular, sin la qual es nulo, y cuyas proporciones sigue exactamente. Ahora pues: todo lo que destruye una fuerza activa, se llama resistencia; con que un cuerpo que cae libremente, resiste à un movimiento mas pronto que el de su peso mismo, y no lo recibe, sino de otra potencia, cuya accion admite mas, y menos.

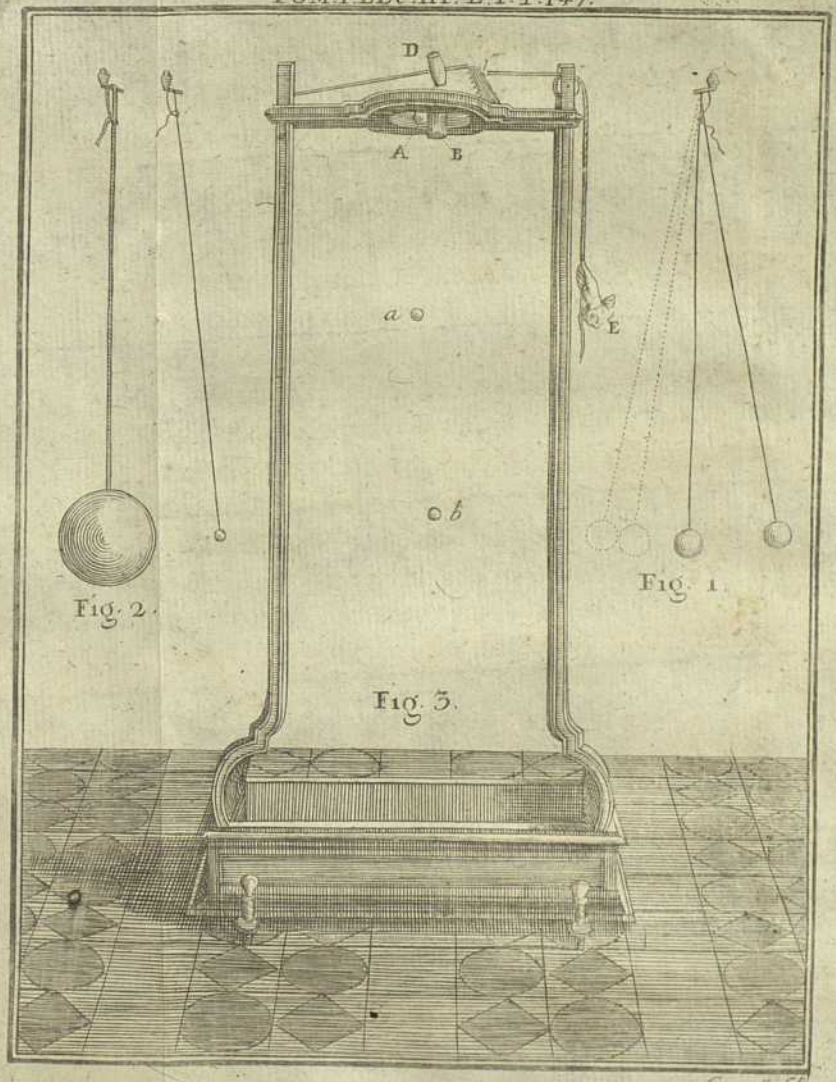
APLICACIONES.

Una piedra tirada contra un arbol medianamente gruesso, còmunmente causa en èl una emocion, que sensiblemente se comunica hasta las ramas; y vuelve à caer al pie del arbol, en donde se queda sin movimiento: una piedra semejante tirada contra una roca desamparada, cae de la misma suerte, sin que dexe percibir ninguna señal de comunicacion de movimiento. Desde luego se vè la causa de esta diferencia, si se advierte, que todo lo material opone su inercia al choque de otros cuerpos; y que siem-

pre



Gonz.z f.t



Gouz.t f.

pre es proporcionada à ſu maſſa la fuerza, con que reſiſte al movimiento. Supongamos que la piedra hicieſſe ſucceſsivamente el miſmo esfuerzo contra el arbol, y contra la roca; aquel, como que tiene mucho menos materia, hace una reſiſtencia muy débil, para conſumir del todo la fuerza que lo ſolicita à moverſe, ſin perder nada del ſitio que ocupaba: lo que ſe hace ſenſible por la agitacion de las ramas: la roca, teniendo una maſſa mucho mayor, hace una reſiſtencia completa, victorioſa (por decirlo aſsi); y el esfuerzo de la piedra diſtribuido en un cierto numero de ſus partes, no baſta para eſtenderſe à todas ellas ſenſiblemente, y para mover el cuerpo todo entero.

Arriba ſe viò, que una bola de plomo, de una libra de peſo, chocando con otra de la miſma materia, y que peſa otro tanto, le comunica una cierta cantidad de movimiento: y que no comunica tanto, ò, por hablar con mas exactitud, aparta menos una otra bola, que peſe treinta, ò quarenta veces mas que la primera. De aqui han concluìdo, como era juſto, que eſte ultimo cuerpo, teniendo mas materia, opone mas reſiſtencia: de donde ſe infiere, que mientras mas maſſa tuviere, mas reſiſtencia tendrà: y en fin, que puede ſer tal la cantidad, que no baſte el esfuerzo, que ha de ſufrir, para diſtribuirſe en todas ſus partes. No obſtante, eſte cuerpo no puede moverſe, ſin

que

que todas sus partes en general se muevan; por lo qual, la inercia de los cuerpos conserva à los unos sensiblemente en quietud, contra un esfuerzo, que hace mover à los otros.

SECCION SEGUNDA.

DEL MOVIMIENTO EN general, y de sus propriedades.

LLamase *movimiento* el estado de un cuerpo, que actualmente se transporta de un lugar à otro, yà se mire en su todo, yà precisamente en sus partes. Y assi una barca abandonada à la corriente de un rio, està en movimiento, porque continuamente muda de sitio: y de ningun modo puede negarse el movimiento à las alas de un molino, aunque passen siempre por el mismo lugar; porque cada una de ellas passa succesivamente por todos los rayos del circulo que describe.

Siempre que un cuerpo se mueve, muda de situacion, respecto de los objetos, que lo rodèan, yà de lexos, yà de cerca. Por exemplo, un hombre que và en una Carroza, ò en una Embarcacion, muda continuamente de situaciones, si no con los que le acompañan, à lo me-

menos respecto de los sitios por donde passa, durante el viage.

Si reparo, que està à la izquierda lo que antes estaba à mi derecha, puedo inferir con toda seguridad, que ha havido movimiento real; pero esta sola mutacion de situaciones, no basta para que sepa, si he sido yo el que passò de un lugar à otro. Porque el mismo efecto se seguirìa, si yo me huviera quedado quieto, con tal, que huviesse mudado de sitio lo que estaba à mi vista.

En quanto à las apariencias, lo mismo es que el Sol haga su curso en veinte y quatro horas al rededor de la tierra, ò que la tierra, en el mismo tiempo, haciendo su revolucion en su exe, presente successivamente à la luz del Sol todos los puntos de su superficie; el systèma que atribuye à nuestro globo el movimiento real, nunca ha sido mas que una hypothesis, y si por otra parte no estuviesse fundado en razones mas fuertes que las posiciones relativas de los cuerpos celestes con la tierra, ciertamente no pudiera admitirse aun como hypothesis.

En el cuerpo que se mueve, se han de considerar principalmente tres cosas: su *direccion*, su *velocidad*, y la *cantidad* de su movimiento.

La direccion se expressa por la linea recta que describe un cuerpo, ò que tira à describir por su movimiento; porque aunque corra un

eſpacio, que fuera de ſu longitud, tenga tambien las otras dimenſiones, que tiene el miſmo cuerpo; no obſtante, como ſi la materia eſtuvieſſe reducida à un punto ſolo, en la direccion ſolo ſe conſidera el camino andado por eſte ſolo punto; por eſto baſta nombrar dos terminos ſolamente, para dàr à conocer ſin equivocacion el modo con que el mobil ſe dirige: como quando ſe dice: *Tal rio corre del Eſte al Oſte: tal objeto paſſa de la izquierda à la derecha.*

Un cuerpo comienza ſiempre à moverſe en linea recta, y ſigue eſta direccion en quanto puede; quando ſe vè obligado à dexarla, comienza à deſcribir otra de la miſma eſpecie, y no la dexa, haſta que otra fuerza le obliga à mudàr de direccion, pero ſiempre irà en linea recta, como lo moſtrarèmos deſpues. Y aſsi, aunque un cuerpo ſe mueva en linea curva, eſta no es mas que una cadena de pequeñas lineas rectas dirigidas diferentemente. Quando ſe le hace dàr vueltas à una honda, ſe le obliga à paſſar por una infinidad de direcciones; y el circulo que deſcribe, ſe puede conſiderar como un polygono de infinitos lados.

Las direcciones de los cuerpos, que ſe mueven, tienen tantos nombres, quantas ſon las poſiciones relativas de las lineas rectas; como quando ſe dice: tal cuerpo ſe mueve *obliquamente*, *paralelamente*, *perpendicularmente*, &c.

&c. al horizonte, à tal, ò tal plano. La direccion de la lluvia, quando hace viento, es obliqua respecto del horizonte.

La velocidad del movimiento se conoce por el espacio que corre un mobil, y por el tiempo que gasta en correrlo. Para tener una idèa clara de la velocidad, no basta decir, que un hombre ha caminado diez leguas; sino que es necessario añadir el tiempo que gastò en caminarlas.

Asimismo, quando se trata de las velocidades relativas, no basta comparar los tiempos, ò los espacios solamente, para saber la proporcion, que hay entre las velocidades de los dos cuerpos; es necessario dividir los espacios por los tiempos; y si se halla v. gr. que en tiempos iguales, ha hecho cada uno una toesa, se podrà inferir, que las velocidades eran iguales; y desiguales al contrario, si uno de ellos gasta mas tiempo en correr un espacio dado, ò que en un tiempo determinado, no anda tanto espacio como el otro. Las dos manos de un relox de estrado, ò faltriquera dàn la vuelta al quadrante, y andan el mismo espacio; pero la de las horas echa doce veces mas tiempo que la de los minutos: la velocidad, pues, de la ultima es doce veces mayor que la de la primera; ò de otra suerte, (y es lo mismo) en tomando el tiempo de doce horas, como se cuenta comunmente, se verà al comparar los

eſpacios andados, que la mano de los minutos anda doce veces el camino, mientras la de las horas lo anda una.

Comunmente confunden algunos la velocidad con el movimiento. Si ſe le hace dàr vueltas à un pedazo de corcho con mayor velocidad, que à un plomo de igual volumen, ſe dice comunmente, que el corcho tiene mas movimiento. Eſta expreſsion no es exacta, y preſto ſe verà, que el mayor, ò menor movimiento no nace ſolamente del grado de velocidad. Aunque no obſtante los miſmos que lo ſaben, tal vez ſe conforman con el uſo, y dicen un *movimiento uniforme*, *acelerado*, *retardado*, &c, aunque eſtas modificaciones ſe hayan de entender ſiempre de la velocidad.

Velocidad *uniforme* es la de un cuerpo, que en tiempos iguales anda iguales eſpacios. Como ſi una bola, que rueda ſobre un plano, anda una toeſa en un ſegundo de tiempo, otra en el ſegundo ſiguiente, otra en el tercero, &c: de modo, que los tiempos, y los eſpacios andados ſean ſiempre iguales entre sì. Facilmente ſe concibe, como poſsible, eſta uniformidad; pero caſi nunca ſe encuentra en el eſtado natural de las coſas, por los impedimentos inevitables, de que hablarèmos deſpues.

Llamaſe velocidad *acelerada* la de un móbil, que en tiempos iguales và midiendo eſpacios, que ſiempre vàn en aumento; ò ſi no, que mi-

mide eſpacios iguales entre sì, en tiempos, que diſminuyen mas, y mas: como una piedra que cae libremente, corre mas al fin de la caìda, que al principio.

Si por el contrario los eſpacios iguales no ſe acaban ſino en tiempos que crecen mas, y mas, ò, que, ſuponiendo los tiempos iguales, diſminuyan ſiempre los eſpacios, eſta velocidad ſerà *retardada*; como una bola de truco, que và rodando, y que poco à poco llega à pararſe.

La cantidad del movimiento ſe calcúla por la maſſa junta con la velocidad; de modo, que en multiplicando la una por la otra, ſe puede ſaber con preciſion la proporcion de los movimientos de los dos cuerpos, que ſe comparan. Vaya un exemplo: Supongamos, que uno de ellos tenga 100 granos de materia; que el otro tenga 500; y que los dos ſe muevan con 4 grados de velocidad. La cantidad del movimiento en el primero ſerà 100, multiplicado por 4, eſto es 400; y en el ſegundo ſerà 500, multiplicados por 4, eſto es 2000: y aſsi, eſtas dos cantidades de movimiento comparadas ſeràn entre sì, como 400, y 2000. Facilmente ſe concibe la razon, por la qual ſe ha de calcular de eſte modo la cantidad del movimiento, quando ſe conſidera, que toda la velocidad, con que ſe hace mover un cuerpo, correſponde igualmente à todas las partes de ſu maſſa; porque

que si yo pongo un cuerpo en estado de andàr una toesa en un segundo de tiempo, yà con esto determino su velocidad; pero les imprimo esta velocidad à todas las partes, que componen este todo: de manera, que si recibido el impulso, llegassen à desunirse, no parece que alguna de ellas se havia de parar; al contrario parece que obedeciendo todas igualmente à la misma causa, que las puso en movimiento, continuarìan separadamente lo que comenzaron en comun: abstrayendo, no obstante, de los obstáculos, que se aumentan en consequencia de la division, y que explicarèmos en otra parte.

Un cuerpo en movimiento, lo puede comunicar à otros; y esta potencia es tambien relativa à su massa, y à su velocidad: de modo, que se puede recompensar la una con la otra. Porque el que tiene poca massa, puede hacer tanto esfuerzo con mucha velocidad, quanto harìa con menos velocidad el que tuviesse mas massa. Tan adentro penetra el mismo clavo à fuertes golpes de un martillo pequeño, como à golpes lentos de un gran mazo: una varita no lastìma tanto como un baston, aun quando en uno, y otro fuera igual la velocidad de los golpes.

El movimiento de los cuerpos empleado para mover à otros, yà los mueva en efecto, yà precisamente se dirija à moverlos, se llama *potencia*, ò *fuerza motriz*. Siem-

Siempre ſe havia diſcurrido, que eſta fuerza en qualquier caſo, indiſtintamente ſe debia apreciar, como la cantidad del movimiento, por la maſſa, y por la velocidad; y en efecto, yà ſe mueva realmente un cuerpo, que ſe procura mover, yà quede detenido por encontrar algun impedimento, nunca ſe vè en èl mas que ſu velocidad, multiplicada tantas veces, quantas ſon las partes ſólidas, que lo componen; ò toda ſu maſſa multiplicada por ſu ſimple velocidad (y es lo miſmo); y no ſe vè, que las opoſiciones invencibles, ni la libertad de obrar, pueda mudar nada de la cantidad de ſu materia, ni de la impulſion, que yà una vez ha arreglado ſu grado de velocidad.

No obſtante, muchos, y muy célebres Philoſophos han aſſentido al parecer de Leibnitz, el primero que inventò una diſtincion entre la fuerza motriz vencida por algun obſtáculo, y entre la que vence à la reſiſtencia, que ſe le opone. A la primera llaman *fuerza muerta*, y convienen en que ſe ha de apreciar, como la cantidad del movimiento, multiplicando la maſſa por ſu ſimple velocidad. En quanto à la ultima, que llaman *fuerza viva*, quieren, que para eſtimar ſu valor juſto, ſe haya de multiplicar la maſſa, no ſolo por la ſimple velocidad, ſino por el quadrado de la velocidad; eſto es, por la velocidad multiplicada por sì miſma. V. gr. Si la velocidad es como 3, la maſſa no ſe ha de mul-

ti-

tiplicar por 3, sino por 9, que es el producto de 3 multiplicado por 3. Segun esta opinion, un cuerpo, que obra contra un obstáculo, con 2 de massa, y un impulso que determina su velocidad à 4, no tiene mas de 8 grados de fuerza, mientras la resistencia sea victoriosa; pero si la resistencia llega à ceder, la fuerza, à que obedece, es viva; y de 8 se levanta à 32.

Bien se discurre, que un Philosopho como Leibnitz, tan versado en las Mathematicas, no se determinò con ligereza à introducir un principio tan nuevo, y que parecia de tan grande importancia en la mecanica: y aun èl mismo lo propuso con un titulo, que denotaba bien su confianza. (*) Y à la verdad su theorica se funda en experiencias, y discursos tan preciosos, que no es mucho hallasse defensores entre los Physicos mas habiles, y mas ilustrados. Pero tampoco puede dissimularse, que el mayor numero levantado contra esta doctrina, la mirasse como una paradoxa; y que despues de largas discusiones, la mayor parte juzgasse, que era mas del caso buscar el modo de conciliar los phenomenos, que sirven de pruebas à la opinion de Leibnitz; que no admitir una novedad, que al parecer no se unìa con las idèas claras, y distin-

(*) *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii, & aliorum*, &c. Act. Erud. p Lis. 1686. pag. 161.

tintas, que se havian formado hasta entonces del movimiento de los cuerpos.

En una Obra, en que nos hemos propuesto establecer los principios menos dudosos, no nos creemos obligados à profundizàr mucho sobre la question presente. Los Autos de este famoso processo se hallan mas formalizados de lo que yo podrè hacer, en varias obras impressas, y muy conocidas: Solo citarè dos: la una, es el veinte, y uno, y ultimo capitulo de un Tomo en octavo, impresso en 1740. con el titulo de *Institutions de Physique*; en el qual, una Dama, no menos respetable por su ingenio, que por su cuna, ha realzado con toda la sagacidad posible à quanto puede decirse à favor de las fuerzas vivas. La otra es una *Dissertation sur l'estimation des forces motrices des Corps*, en la qual su Author (Mr. de Mayràn) cita un Discurso, que havia leìdo en 1728 à la Academia de las Ciencias; en que combate la opinion de las fuerzas vivas con razones muy eficaces, y explica con gran claridad, y con los principios ordinarios, todo lo que parecìa impossible, sin admitir el de Leibnitz.

No debo omitir, no obstante, (y esta es una de las razones, que me dispensan de alargarme mas en el assumpto) que aunque estèn divididos los pareceres sobre el modo de apreciar la fuerza de los cuerpos, que se mueven,

estàn unidos perfectamente sobre el producto de estas fuerzas, y sobre los efectos, que deben resultar de ellas. Los que no admiten la distincion de Leibnitz, convienen no obstante con los defensores de las fuerzas vivas, en que los efectos son quadruplos de parte del cuerpo, que se mueve con dos grados de velocidad, en comparacion de otro, que no tenga mas que uno. Pero, dicen, que no se sigue este efecto porque 4 sea el quadrado de 2; sino solamente porque el móbil, que tiene dos grados de velocidad, hace un efecto, que se repite al doble del que no tiene mas que un grado. Es justo confessar, que haciendo entrar tambien el tiempo en el examen de los hechos, que se trahen en prueba de las fuerzas vivas, se halla uno desde luego en el camino ordinario; y el quadrado de las velocidades no es de mas utilidad para estimàr las fuerzas, que solo se retardan por resistencias, que ceden; que para apreciar las que obran contra obstáculos invencibles.

Siguese, pues, de esta confession, y de su restriccion, que si el negocio de las fuerzas vivas no es una question de nombre, à lo menos se puede decir, que no es de tan grande consequencia para la mecanica, como debia serlo al parecer; y que sin error, se puede en la práctica estimàr indistintamente la fuerza de los cuerpos por la cantidad del movimiento; esto

es,

es, por ſu maſſa, y por ſu ſimple velocidad actual, ſi en la realidad ſe mueven; y ſi eſtàn detenidos por algunos obſtàculos invencibles, por ſu tendencia al movimiento, la qual es como la maſſa, y ſu velocidad inicial; eſto es, aquella con que empezarian à moverſe, ſi el obſtàculo cediera.

La *quietud* es el eſtado opueſto al movimiento; tal es el de un cuerpo que perſevera en las miſmas ſituaciones, reſpecto de los objetos que lo rodèan de cerca, ò de lexos. Digo *de cerca*, *ò de lexos*, para dàr à entender, que aqui ſe trata de la quietud abſoluta; y que no ſe mira como tal el eſtado de un cuerpo, que ſe mueve juntamente con todo lo que lo rodèa; como una perſona, que và con otras tres en un carruage; porque aunque no ſe mueva reſpecto de los que le acompañan, ſe mueve reſpecto de los objetos exteriores.

Eſta eſpecie de quietud, que excluìmos, es la que admiten los Copernicanos; porque ſi todo el globo, que habitamos, ſe vuelve ſin ceſſar ſobre ſu exe, y deſcribe un circulo al rededor del Sol; no hay cuerpo alguno ſobre ſu ſuperficie, que no participe del movimiento, comun à todas ſus partes; y ſi alguna coſa parece no moverſe, eſto ſolo es reſpecto de los otros objetos terreſtres. Pero como todo lo que lo rodèa en eſte ſentido ſe eſtiende tanto como nueſtra eſphera, quando ſolo ſe comparan los

cuerpos terrestres entre sì, se puede mirar como absoluta la quietud del que no muda de sitio respecto de ellos.

Esta no và por grados, como el movimiento, sino es que se confunda con la fuerza de inercia: siempre tiene, quanto puede tener: pero puede suceder (y es cosa muy ordinaria) que un cuerpo se estè quieto, considerandolo como un todo, y que sus partes actualmente se muevan. Un trozo de marmol, que se calienta al ardor del Sol, no muda de sitio; pero todas sus partes estàn agitadas; porque todos los Physicos convienen, en que uno de los principales efectos del calor es poner en movimiento las partes de la massa, en que obra.

SECCION TERCERA.

DE LAS LEYES DEL movimiento simple.

LLamanse *Leyes del movimiento* ciertas reglas, segun las quales se mueven general, y constantemente todos los cuerpos, siempre que obedecen à alguna fuerza motrìz.

El movimiento *simple* es el de un cuerpo, que

que no obedece mas que à una ſola fuerza, ò que ſolo tira à un ſolo punto. Tal es el de un hombre que ſe dexa ir en linea recta ſobre un canàl helado: ò el de un cuerpo grave, que cae de ſu proprio peſo por una linea perpendicular al horizonte. Eſte tal movimiento es el efecto de un impulſo, ò de muchos que ſe vàn ſucediendo en la miſma direccion.

PRIMERA LEY DEL MOVIMIENTO ſimple.

TOdo cuerpo, que una vez llega à moverſe, continùa en la miſma direccion, y con el miſmo grado de velocidad, que recibiò, (al principio) *ſi alguna nueva cauſa no le hace mudar de eſtado..*

Es decir, que ſi dexa la linea recta, que empezò à deſcribir, ò que ſi aumenta, ò diſminuye ſu velocidad, naceràn eſtas mutaciones de alguna cauſa particular, que lo determina de otro modo, ò que añade, ò quita algo à ſu movimiento; ſin lo qual, la primera cauſa no dexarìa de producir enteramente ſu efecto, pues no hay motivo para que mude de eſtado. La fuerza de inercia, que lo contuvo en quietud quanto pudo, y que fuè preciſo vencer para ponerlo en movimiento, hace quanto puede, para que deſpues reſiſta à toda variacion: y eſta reſiſtencia ſe ha de vencer de nuevo por una fuerza poſiti-

va, antes que se advierta alguna mutacion de estado en el móbil.

Pregunto: Por què la naturaleza se ha impuesto una ley, cuya observancia jamàs se verifica? Cómo puede determinarse en los cuerpos que se mueven, una constancia de direccion, y de velocidad, que no se muestra en la naturaleza? Se ha visto acaso movimiento alguno sin alteracion, y que se perpetúe, sin que sea necessario repararlo? El cuerpo mas mobible, y agitado con mas violencia, se pára finalmente, passadas algunas horas de tiempo.

Es justo confessar, que no tenèmos à nuestra disposicion experiencia alguna, que pruebe directamente, y de un modo positivo el asserto de esta primera ley.

Pero lo primero: Arriba mostramos, que un cuerpo en qualquier estado en que se halle, tira à perseverar en èl, por una fuerza, que llamamos inercia. Este principio basta para establecer la ley presente; pues haciendo abstraccion de toda resistencia extraña, puesto una vez el cuerpo en movimiento, no se vè en èl la menor cosa, que resista al impulso recibido, ni que destruya la inercia que se opone à la mudanza de su estado.

Lo segundo: Si es verdad que los cuerpos, despues de cierto tiempo, pierden su movimiento, tambien lo es, que siempre se reconocen obstáculos, que se lo hacen perder: y el que algu-

gunas reſiſtencias inevitables (aunque extrañas) hagan que ceſſe el movimiento, ſerà baſtante para inferir, que eſte no puede ſubſiſtir por ſu naturaleza ? No debe mas bien juzgarſe todo lo contrario, por lo miſmo que abſolutamente ſon neceſſarias reſiſtencias poſitivas, para hacerle que ceſſe? Vèamos, pues, quáles ſon las cauſas que lo hacen ceſſar; y darèmos la preferencia à las que de tal ſuerte eſtàn aligadas al eſtado natural, que no pueden evitarſe.

Primeramente en qualquier ſitio, y de qualquier modo que ſe haga mover un cuerpo, ſiempre ſe halla en un fluido, que en eſte ſentido ſe llama *intermedio*, y que es preciſo que el cuerpo ſe lo lleve, ſin parar, por delante, para abrirſe paſſo: y como eſte intermedio es material, reſiſte continuamente al móbil, que tira à echarlo de ſu ſitio. El móbil, pues, no puede continuar moviendoſe, ſin que en cada inſtante pierda una parte de ſu movimiento, para vencer la reſiſtencia: y aſsi paſſado un cierto tiempo, yà eſtà empleado todo, y ſe vè reducido à eſtarſe quieto.

Lo ſegundo: Siendo peſados todos los cuerpos, ninguno de ellos puede moverſe con una direccion diferente de la que es propria de ſu peſo, ſi no es que eſtè ſoſtenido por algun punto fixo, ò por algun plano, ò bien, ſi no es que ſe deslice por algun fluido, que lo toca por todas partes. De qualquier ſuerte, que ſe tome, ſiem-

ſiempre es preciſo, que paſſe por los diferentes puntos de la ſuperficie del plano, por donde camina, ò del intermedio que ſepara, ò que las piezas que lo ſuſpenden hagan el miſmo efecto una ſobre otra. Eſta ſucceſsiva aplicacion de una ſuperficie à otra, ſe llama *frotacion*, y tambien reſiſte al movimiento; porque la ſuperficie de los cuerpos jamàs eſtà perfectamente igual; las partes que ſobreſalen en la una, ſe introducen en las concavidades de la otra; por lo qual no pueden eſcàparſe ſino con dificultad.

La reſiſtencia de los intermedios, y la que nace de las frotaciones, ſon tambien cauſas impeditivas del efecto adequado de la primera ley del movimiento; porque ſiendo inevitables en el eſtado natural, de ellas reſultan las reſiſtencias, que indiſpenſablemente deſtruyen en cada inſtante una parte de la velocidad de los cuerpos.

Toda maquina, pueſta en movimiento, jamàs exercita todo el que le han dado ſobre la reſiſtencia, que ſe intentò vencer: pueſto que las cauſas, que acabamos de referir, preciſamente deſtruyen una parte. Siendo importante ſaber lo que debe quedar, hecha eſta deduccion, voy à explicar aqui lo que ſe ha de conſiderar principalmente, quando ſe quieren valuár las reſiſtencias, que nacen, ò de las frotaciones, ò de los intermedios.

AR-

ARTICULO PRIMERO.

DE LA RESISTENCIA DE LOS intermedios.

LOS intermedios, aunque fluidos, resisten como los otros cuerpos por su inercia, que se opone para no perder el sitio; pero ésta, como havemos dicho, siempre es proporcionada à la massa; *cæteris paribus*, mientras el medio es mas denso, opone mas resistencia.

Pero la massa de los cuerpos, no solo depende de su densidad; depende tambien de su tamaño; porque un quartillo de agua pesa menos que medio quartillo; y assi el mismo intermedio en iguales circunstancias resiste à proporcion de la cantidad, que se quiere apartar: y esta se ha de medir por la superficie anterior del cuerpo que se mueve, y por el espacio que se le hace caminar. Al dividir el agua, ò el ayre con la palma de la mano, sepáro à cada instante mucho mas, que si en igual tiempo solo la dividiesse con el filo de la misma mano, y hállo tambien mas resistencia.

Determinada yà por su densidad, y por el tamaño de la superficie sólida que la empuja, la massa de este intermedio, que se ha de mudar, debe determinarse tambien por la velocidad del móbil; porque se concibe muy bien,

que si en un segundo muevo mi mano en el agua lo largo de dos pies, hago que se mude una cantidad del fluido, mayor que si en igual tiempo solo corriesse mi mano el espacio de un pie. Ahora, pues: una mayor cantidad de agua constituye una mayor massa, que resiste mas, y la inercia se opone à una mayor velocidad, asi como se opuso al primer grado, que se le hizo tomàr al fluido, que cede. Las Experiencias siguientes seràn las pruebas de lo que acabamos de establecèr por lo que mira à la resistencia de los intermedios, y acabaràn de aclarar lo que havemos dicho sobre ella.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE havrà dividido en dos partes iguales una especie de artesa, ò cubeta con un tablòn que se estiende de una extremidad à otra, para llenar de agua un lado, y dexàr el otro lleno de ayre solamente. Del medio del tablòn se eleva una horquilla doble, de que cuelgan dos alambres, à cuyas extremidades estàn fixas dos bolas de metal semejantes en su peso, y su volumen, y que luego que se mueven, pueden ir, y venir cada una en la parte de la artesa, que le corresponde. (Vease la *fig.* 4.)

EFEC-

EFECTOS.

Partiendo las dos bolas al mifmo tiempo con iguales cantidades de movimiento, la que fe mueve en el agua pierde toda fu velocidad en 4, ò 5 fegundos; la otra confierva mucho tiempo la fuya, y no llega à perderla del todo, fino defpues de un numero muy grande de vibraciones.

EXPLICACIONES.

Siendo de un mifmo metal las dos bolas, y teniendo, como fe fupone, iguales volumenes, tienen neceffariamente iguales maffas; una vez que comienzan à defcribir arcos femejantes à las extremidades de los dos alambres iguales en tamaño, feràn tambien femejantes fus velocidades, como lo moftrarèmos defpues. Y afsi, fupuefto que el movimiento fe fupúta por la maffa, y por la velocidad, las dos bolas de nueftra experiencia comienzan à moverfe con iguales cantidades de movimiento. Cada una muda en el primer inftante un igual volumen del fluido en que fe mueve; pero el volumen de agua feparado por F, es cerca de 800 veces mas denfo, que el ayre empujado por G. Eftos dos móbiles, pues, emplean fus fuerzas fobre refiftencias muy defiguales, pues

eſtàn en la proporcion de 1, à 800; con que la bola F no pudo paſſar adelante ſin haver gaſtado una parte de ſus fuerzas, que iguala 800 veces la parte que la bola G ha perdido de las ſuyas. Lo que ſucede en el primer inſtante, vuelve à ſuceder en el ſiguiente; y aſsi diſminuyen las velocidades de los dos móbiles con una diferencia caſi proporcionada à la de los intermedios, haſta que finalmente uno, y otro llegan à pararſe.

APLICACIONES.

El Cavallero Newton tiene demoſtrado, que un cuerpo eſpherico, que ſe mueve en un intermedio quieto, y tan denſo como èl, pierde la mitad de ſu movimiento antes que haya andado un eſpacio igual en longitud à dos de ſus diametros. Hagaſe aqui memoria de los principios eſtablecidos ahora poco, y que acabamos de confirmar con la Experiencia precedente: facilmente ſe concebirà, que ſe puede reducir à un calculo exacto la reſiſtencia, que un fluido puede hacer al movimiento de un cuerpo ſólido metido en el tal fluido. Porque ſupongamos, que ſea una bola de oro lo que ſe mueve en linea recta en el agua; lo que ella muda equivale à un cylindro, cuya baſe tiene por diametro el diametro de la bola, y por exe la linea recta que ſu centro deſcribe. Se ſabe la proporcion,

cion, que hay entre lo denſo del oro, y lo del agua: ſe ſabe tambien la proporcion de una bola à un cylindro, dado el diametro, y la altura. Conocidas, pues, todas eſtas cantidades, ſe puede formar juicio de la reſiſtencia, que el agua opone à la bola, mientras que éſta anda tal, ò tal eſpacio: y comparando lo que ha perdido de ſu velocidad con lo que tenia, quando empezò à moverſe, ſe puede juzgar de lo que le queda.

Yà hemos dicho, que para apreciar la reſiſtencia de los fluidos, es neceſſario mirar tambien à la velocidad del móbil. No hay intermedio alguno tan diviſible, que no pida un tiempo finito para ceder. Ordinariamente hallamos eſte tiempo muy corto, por no ſer muy grandes las velocidades, que empleamos para dividirlos. Y la comparacion que hacèmos del tiempo empleado contra los intermedios con aquel, en que éſtos obedecen, nos hace formar eſte juicio, que deſpues ſe corrige, conſiderando ciertos efectos, que no pueden explicarſe, ſino ſuponiendo, que no ſe le ha dado al fluido el tiempo preciſo para que ceda. Por què el juego de los remos, v. g. hace caminar un barco? y por què lo hace ir tanto mas rápido, quanto es mas pronto, y mas frequente? Porque quando el agua ſe impéle ſin darle tiempo para que ceda; por la miſma tardanza en obedecer, llega à ſervir de apoyo, en que eſtrive la palanca, que mue-

mueve el Remèro. Lo que este hace con sus remos, hacen con sus colas los peces, el nadador con sus brazos, y piernas, las aves aquatiles con sus pies, configurados para este efecto de un modo proprio para empujar un gran volumen de agua.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

H, I (*fig.* 5.) representa un movimiento de reloxerìa, cuyo moderador es un volante con dos alas 1, 2; el resorte se envuelve con una llave, y la pieza K es una especie de vecte, que se mueve de la izquierda à la derecha, y de la derecha à la izquierda, para poner en juego, ò para detener el rodage. Este instrumento se pone sobre la platìna de la maquina Pneumatica, que representamos por entero en la 1. *fig. de la* 2. *Leccion*; y se cubre con un recipiente de vidrio, que remata por arriba en una espiga de metal L, que atraviessa por una virola de cobre llena de cuero untado de grassa. Con ella se puede gobernar el vecte K, sin dexar entrar al ayre, quando éste se saca del recipiente. (Vease la *fig.* 6.)

EFEC-

EFECTOS.

Luego que el rodage ſe pone en movimiento en el vacuo, por los frequentes golpes de los martillos ſobre la campanita, ſe conoce que el movimiento del rodage es mucho mas libre, que quando el recipiente eſtà lleno de un ayre ſemejante al de la atmoſphéra.

EXPLICACION.

Lo que comunmente ſe llama *el vacuo de Boyle*, no es mas que un eſpacio, en el qual ſe ha enrarecido el ayre todo lo poſsible, por medio de la maquina Pneumatica, que eſte Philoſopho Inglès perficionò muy mucho; pero yo moſtrarè (y es comun parecer de todos los Phyſicos) que el vacuo no es mas que un intermedio menos denſo, que aquel en que vèmos moverſe la mayor parte de los cuerpos. En uno, y otro intermedio, eſto es, en el ayre ordinario, y en el rarefacto, no goza el rodage de una entera libertad, porque el volante, fuera de las otras cauſas, tiene alguna reſiſtencia que vencer, para moverſe en el fluido que lo circunda. La reſiſtencia del fluido es proporcionada à lo denſo de èl; y por eſſo en un ayre menos denſo dexa mas libertad à las ruedas el moderador menos oprimido, y permite

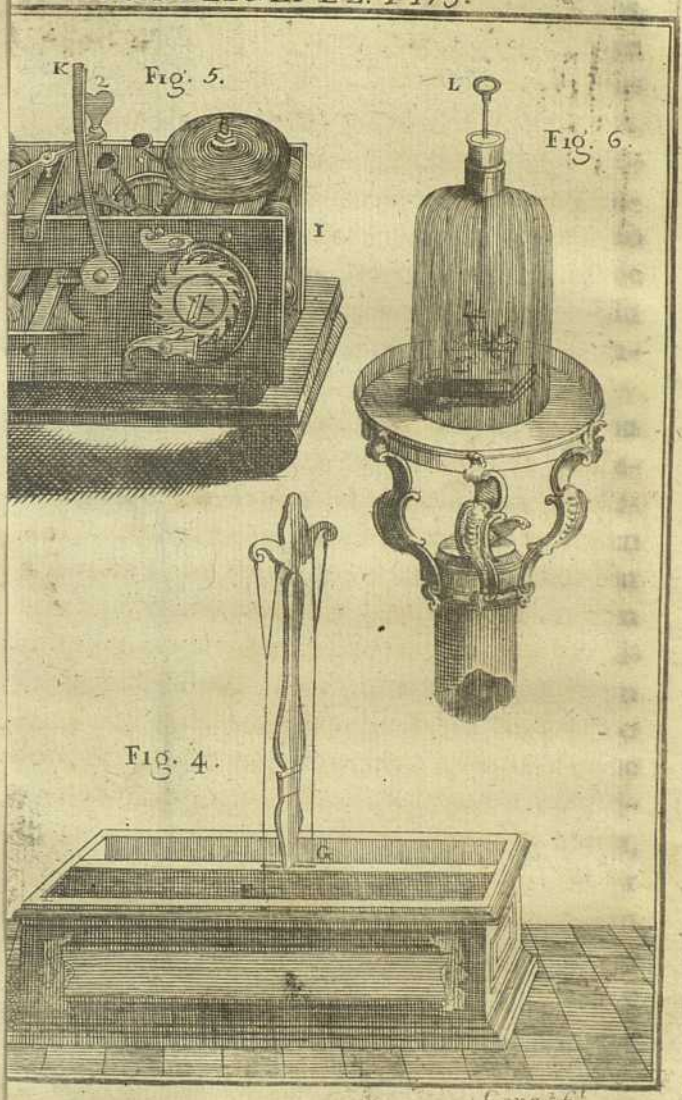
mas

mas frequencia en los golpes de los martillos.

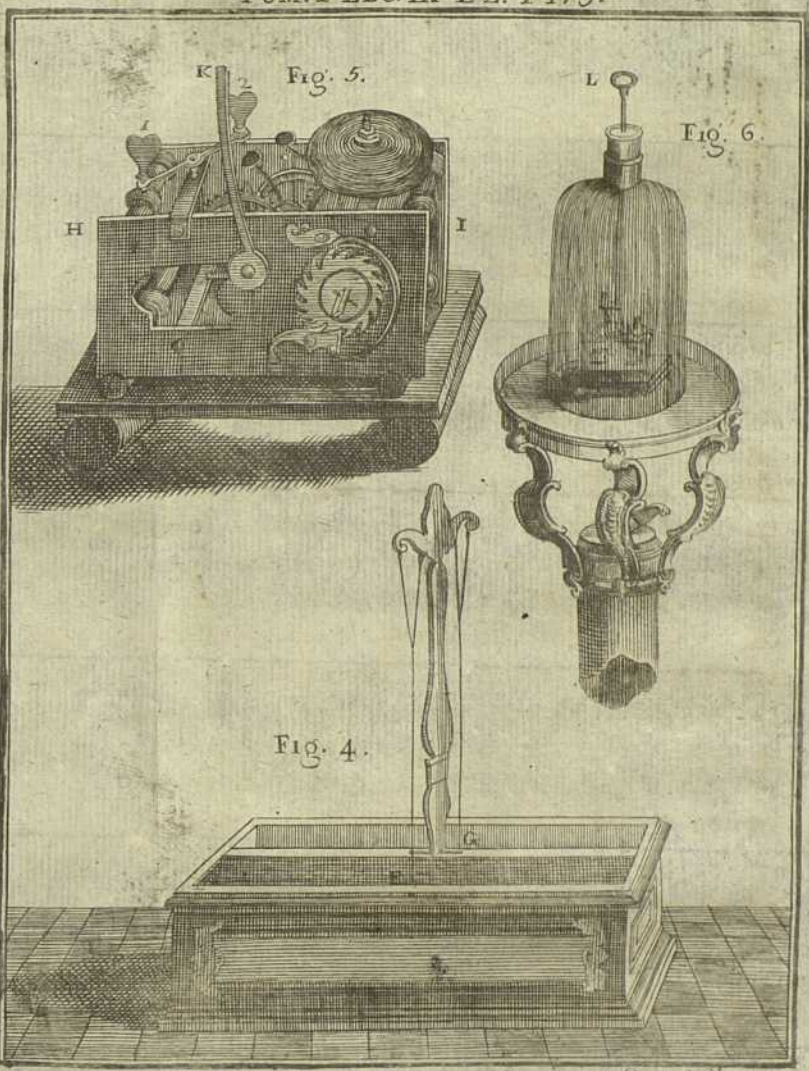
APLICACIONES.

Por esta Experiencia se vè, que el ayre es un intermedio resistente, que hace el mismo efecto que los otros fluidos, por lo que mira à los cuerpos que se mueven: con esta excelencia, que siendo menos denso que los mas de ellos, resiste menos en iguales circunstancias. Por esto, hallando en su resistencia un punto, en que estrivar, como hemos visto que se halla en la del agua, es preciso moverlo con mucha mas velocidad, ò si no, empujar un mayor volumen en un mismo tiempo. Las aves se elevan, se sostienen, y hacen largas jornadas en el ayre, aun contra el peso de sus proprios cuerpos, que siempre excede considerablemente el del intermedio que ocupan. Las que estàn volando mucho tiempo, y vàn muy lexos, como las golondrinas, la mayor parte de las aves de rapiña, muchas aquaticas, &c, ordinariamente tienen poco cuerpo, muchas plumas, y las alas muy grandes; las que al contrario tienen un vuelo mas corto, ò menos frequente, tienen por lo comun mas carne, y las alas son à proporcion mas pequeñas. Pero si se pára un poco la atencion, se advertirà, que éstas al volar baten las alas mas aprisa que las otras; los

gor-



Gonz. f.



Gonz.z f.

gorriones, los pinzones, gilgueros, pardillos, &c, vuelan como à ſaltos, y no ſe ſoſtienen mucho tiempo en una miſma direccion; ſus alas no pueden elevar, y ſoſtener ſus cuerpos, ſino con una velocidad que apenas pueden conſervar algunos inſtantes; mientras que deſcanſan, para volver à comenzar, ſu proprio peſo tira de ellos, y les hace perder una parte de la elevacion, que antes tenian; por eſto ſu vuelo no es mas, que un continuo abance.

Hay algunas aves, que ſe ſoſtienen algun tiempo en la miſma elevacion, ſin que parezca que mueven las alas, (lo que ſe llama *arraſar el ayre*) no obſtante hemos de eſtàr en que ſe mueven; pero que ſus vibraciones ſon tan promptas, y tan cortas, que no pueden percebirſe à cierta diſtancia. La grande velocidad de eſte movimiento puede ſuplir por algun tiempo al batir mas abierto de las alas; y no dexa de repararſe tambien, que las aves, que vàn ſerenas, ſe vèn de tiempo en tiempo obligadas à ganar con un vuelo ordinario la altura, que inſenſiblemente havian perdido, y à dexar que deſcanſen un poco (por decirlo aſsi) con movimientos mas lentos, y mas eſtendidos, los muſculos, cuyo reſorte eſtuvo demaſiadamente eſtirado, durantes eſtas vibraciones cortas, y frequentes.

Aqui ſe vè, por què las aves domeſticas,

ò las que engordan mucho, en ciertos tiempos vuelan tan poco, ò tan mal. Conforme se les và aumentando la massa, se les havian tambien de agrandar las alas, para abrazar un volumen de ayre mas grande, ò havian de aumentar sus fuerzas à proporcion, para hacerlas obrar con mas presteza; pero el grado de fuerza, y la conformacion en cada especie no son variables, como lo es un temperamento robusto.

Compárese ahora el peso de un hombre con la fuerza, de que necessitarìan sus brazos para mover unas alas proporcionadas en el tamaño à su massa, con una velocidad capàz de sostenerlo en el ayre; y se verà la gran locura de aquellos, que buscaron diversos modos para volar, y que los miraron como possibles. En vano se discurrirìa, que solo bastaba la destreza, y el exercicio; ni serìa dificil mostrar, que los brazos del hombre mas robusto, y exercitado no son capaces de un esfuerzo seguido, que pueda producir un tal efecto.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EL instrumento, que la *fig.* 7. representa, es un molino doble: las alas son tan anchas, tan largas, tantas, y tan pesadas en un uno, como en otro: con esta diferencia, que en uno

de

de ellos el plano de cada ala puede inclinarſe ácia el exe, del modo que ſe quiſiere. Un miſmo reſorte, que ſe eſtiende, baxando un boton, que ſe vè en M, impele igualmente dos eſpiguìtas, que eſtàn de firme en los cubos de los molinos; aſsi, obedeciendo uno, y otro à eſte impulſo comun, empiezan à moverſe con iguales velocidades.

EFECTOS.

Si todas las alas de los molinos tienen poſiciones ſemejantes reſpecto de ſus exes; v. gr. ſi en uno, y otro el plano de las alas es paralelo al exe comun, el movimiento impreſſo por el reſorte dura en los dos igualmente; dà tantas vueltas el uno como el otro; y al miſmo tiempo dexan de moverſe. Si al contrario en uno de ellos, lo ancho de las alas forma con el exe angulos rectos, ò ſus planos todos ſe hallan en el de un miſmo circulo; entonces el miſmo impulſo hace, que éſte ande mas apriſa, y mucho mas tiempo que el otro.

EXPLICACIONES.

En el primer caſo de la Experiencia precedente las alas de los molinos ſe preſentan de fáz al intermedio comun, que han de mudar

para moverse; por otra parte no difieren, como se supone, en ninguna circunstancia: con que en un mismo tiempo experimentan iguales resistencias: por consiguiente pierden iguales cantidades de fuerzas en los mismos instantes; y quando al uno de los dos falta del todo la velocidad, igualmente ha de faltar al otro. Al contrario sucede en el segundo caso: el uno de los molinos presenta de filo sus alas: en esta posicion vienen à ser como unos cuchillos, que cortan el ayre facilmente, y que no reconocen en sì la misma oposicion; puesto que es mucho menor el volumen, que se ha de mudar: de esta suerte el que en iguales tiempos pierde menos fuerza, ha de andar mas aprisa, y mas tiempo que el otro.

APLICACIONES.

Esta ultima experiencia pone à la vista, que una misma massa puede experimentar diversas resistencias en el mismo intermedio, segun que presentáre directamente una mayor, ò menor superficie. El Remèro hace que el remo empuje por lo ancho, quando busca en què estrivar en la resistencia del agua; pero lo saca de filo para cansarse menos, quando quiere ponerse en estado de volver à comenzar.

Por la misma razon ordinariamente conserva mejor un cuerpo su movimiento, quando

está

eſtà entero, que quando eſtà dividido; porque la diviſion multiplica las ſuperficies, y por conſiguiente la reſiſtencia del intermedio. Quando ſale de una eſcopeta una onza de plomo con la ſuperficie que ſe quiſiere ſuponer, ſerà ſiempre el miſmo el impulſo de la polvora, que determina ſu velocidad. No obſtante nadie ignora, que una bala và ſiempre mas lexos, que una igual cantidad de plomo en grano. Eſta diferencia nace de la reſiſtencia del ayre, que obra en razon de las ſuperficies; porque cada granito de plomo, como aſsimiſmo la bala, preſenta ſiempre al ayre, que divide, la mitad de ſu ſuperficie eſpherica: y à iguales peſos, la ſuma de las pequeñas ſuperficies hemiſphericas del plomo en grano, excede con mucho la de una ſola bala.

Como muchas veces ſucede que no ſe hace baſtante caſo de la reſiſtencia del intermedio, tal vez tambien ſe le dà mas de lo que tiene. Por exemplo, quién no ha oìdo decir, que un tiro de fuſil, que paſſa ſobre el agua, ò que atravieſſa un rio, ò un eſtanque de un lado à otro, no alcanza tanto como en qualquier otro ſitio? La razon que ſe dà, diciendo, que el vapor del agua pone mas eſpeſo al ayre, tiene alguna aparencia de verdad; pero ſe le dà demaſiado peſo, quando à eſta pretendida eſpeſura ſe le atribuyen efectos tan ſenſibles. Por la Experiencia precedente ſe ha viſto, que ſolo ſe

le

le obliga à variar considerablemente su resistencia, quando la diferencia de su densidad es muy considerable: y algunas pruebas, que yo he repetido varias veces con cuidado, me han hecho vèr, que el hecho presente es à lo menos una exageracion. Si alguno ha reparado, que tirando sobre el agua, no alcanza los objetos, como en otra parte, crea, que lo engaña la distancia, que siempre nos parece menor, quando solo vèmos una extension demasiadamente uniforme, y no hallamos en ella algun objeto, que nos ayude à medirla. Y asi, no serìa maravilla no matar un paxaro à 60 passos, creyendo tirarle desde 50; pero la densidad del intermedio aumentada por el vapor del agua tendrìa poca parte en este efecto.

Hasta aqui solo hemos considerado el intermedio como sossegado, y quieto; pero estando agitado, su proprio movimiento aumentarà, ò disminuirà su resistencia. El pez, que nada rio arriba, tiene que vencer dos resistencias: la una es el movimiento del agua, cuya direccion es contraria à la suya: la otra es la inercia del volumen que le corresponde, y que èl ha de apartar, como lo harìa en un agua estancada. Lo mismo tiene que hacer un hombre, que marcha contra el viento: y por esto, quando se hace mover un cuerpo contra la direccion de un fluido rapido en su movimiento, se le disminuye el volumen, todo lo possible, para dàr menos

nos presa al esfuerzo de la corriente. Una embarcacion amayna, quando tiene el viento contrario; y en tal caso el Patron hace sentar à los que vàn à passar de un lado à otro del rio.

Si el mobil, y el fluido, que le sirve de intermedio, siguen la misma direccion, ò tienen igual velocidad, ò el uno tiene mas que el otro; en el primer caso es nula la resistencia del intermedio: tal es el movimiento de un pez, que solo sigue la corriente del agua: en el ultimo caso, el que tiene mas velocidad, se la comunica al otro à sus expensas. La bala de cañon, que sale siguiendo la direccion del viento, no halla tanta resistencia en el ayre, quanta experimentarìa en tiempo de calma; pero como và mas rápida que el viento, siempre es preciso que se abra passo en este intermedio que huye delante de ella con demasiada lentitud. Si por las reglas, que acabamos de establecer, se conoce quál serìa la resistencia de un intermedio sossegado; se conocerà del mismo modo lo que su grado de velocidad en pró, ù en contra añade, ò disminuye de esta resistencia.

AR-

ARTICULO SEGUNDO.

DE LA RESISTENCIA de las Fricciones.

PAra formarse una justa idèa de las fricciones, es preciso observar, que nunca es igual perfectamente la superficie de un cuerpo qualquiera: Aun suponiendo, que todas las partes sólidas, de que se componen, estàn exactamente en un mismo plano; (y quándo se halla esto?) los poros, que las separan, nos obligarìan aún à representarnos esta superficie como un conjunto de eminencias, y concavidades diminutas. Supongamos, que dos planos de esta especie se tocan en toda su extension: las partes, que salen mas en el uno, entrarìan en lo cóncavo del otro, como sucede, poco mas, ò menos, en una pelota cubierta de terciopelo puesta sobre un tapìz de la misma tela; ò, si es un cuerpo sólido, que se mete en algun liquido, éste, en consequencia de lo tenue, y fluido de sus partes, se amolda exactamente en todas las concavidades del otro; como se puede notar por la humedad que se reconoce en èl, al salir.

Si al presente se quiere que un cuerpo ande sobre la superficie de otro, se puede practicar de dos modos diferentes, cuya distincion es im-

importante. Primero: Aplicando ſucceſsivamente unas miſmas partes del uno à diferentes partes del otro, como quando ſe dexa resbalar un libro ſobre una meſa: y eſta frotacion la llamarèmos de la primera eſpecie. Segundo: Haciendo tocar ſucceſsivamente diferentes partes de la una ſuperficie ſobre diferentes partes de la otra, como quando ſe echa à rodàr una bola de billar ſobre la meſa del juego: y eſta ultima frotacion ſe llamarà de la ſegunda eſpecie.

En el primer caſo, el movimiento, que ſe le dà al cuerpo, que paſſa ſobre el otro, tiene una direccion perpendicular à aquella, en que reciprocamente ſe han travado las partes de las ſuperficies. Porque, ſegun nueſtra ſupoſicion, la ſuperficie, que ſe hace resbalar horizontalmente, es la de un cuerpo grave, que ſu proprio peſo hace eſtrivar verticalmente ſobre la meſa: y eſta eſpecie de frotacion muchas veces es ocaſion para que ſalten aquellas eſquinitas, que forman la deſigualdad de las ſuperficies; como puede notarſe en el polvo que ſale, quando ſe frotan con alguna fuerza dos pedazos de marmol, ò de madera acepillada.

En el caſo ſegundo, eſtas miſmas partes travadas ſe ſeparan, poco mas, ò menos, como los dientes de dos ruedas de relox ſe deſprenden unos de otros, quando aquellas eſtàn en movimiento: ſi tal vez ſe ſeparan con difi-

cultad, serà por haver desproporcion en las partes, que salen ácia fuera, y entre los vacìos que las reciben. Pero esta ultima especie de frotacion nunca es tan eficàz como la otra para amortiguar el movimiento.

La costumbre de atar las ruedas de los carruages al baxar las cuestas nos propone un exemplo familiar de los efectos diferentes, que producen estas dos suertes de frotaciones. Quando se teme, que un coche, ò carreta se precipite al baxar con demasiada rapidèz, se impide la revolucion de las ruedas sobre su exe: entonces el mismo punto de la circunferencia và arrastrando succesivamente sobre una série de puntos del terreno. Esta es una frotacion de la primera especie, que resiste considerablemente al movimiento del carruage. No es asi, quando cada rueda se revuelve regularmente sobre su exe: pues se và como desliando sobre los diferentes puntos del plano, que camina; su frotacion quanto à la circunferencia, solo es de la segunda especie: y su movimiento mucho mas libre, lo serìa con excesso, si hallasse socorro en lo pendiente de la cuesta.

No es tan facil calculàr la resistencia de las frotaciones, como lo es la de los intermedios considerados respectivamente à su densidad, al volumen, y velocidad del móbil, que los aparta. El transito succesivo de una superficie sobre otra, retarda tanto mas, quanto estas son mas des-

deſiguales; pero eſte *mas*, y eſte *menos* pueden variar al infinito, no ſolo por la naturaleza de los cuerpos, ſino tambien por el grado de perfeccion à que el arte puede elevarlos. Jamàs puede decir un Artifice, que ha pulido igualmente dos pedazos de la miſma madera, del miſmo metal, de la miſma piedra, &c: y quando huviera una regla cierta para aſſegurarſe en ello, no ſe pudiera contar ſobre la ſubſiſtencia del tal eſtado. Todas las materias ſe gaſtan, y ſe alteran poco à poco; y eſtos accidentes, cuyo valor caſi no puede apreciarſe, tal vez aumentan, y las mas diſminuyen la igualdad de las ſuperficies.

Las otras cantidades, que entran en el valor de las fricciones, como ſon el tamaño de las ſuperficies, la preſsion que hacen unas ſobre otras, ſu grado de velocidad, ſon mas faciles de apreciar. Pero como el tal valor es relativo al eſtado actual de las ſuperficies, ſiempre queda mucha incertidumbre en el aprecio de las reſiſtencias, que reſultan. Ordinariamente ſe contentan con un *poco mas*, ò *menos*, (que comunmente no lo es) ſuponiendo, que para vencer las frotaciones ſe emplea un tercio de la potencia, ò del movimiento impreſſo à una maquina. Pero bien ſe vè, que eſto ſolo ha de entenderſe de una maquina en general, y que ha de haver en ella mucha variedad, ſegun ſu grado de ſimplicidad, y ſegun la perfeccion de las piezas, de que ſe compone.

Algunos Physicos (*) quieren, que el tamaño de las superficies no éntre en cuenta en la frotacion, y que solo se mire el grado de presion. „Un cuerpo, dicen, mas largo que „ gruesso, no ha de hacer mas resistencia, fro- „ tado por su mayor superficie, que quando se „ frota por el lado mas angosto; porque la pres- „ sion que viene de su peso, siendo la misma en „ uno, y otro caso, si tiene mas partes travadas „ en el primero, en el segundo la travazon se in- „ terna mas.

Este modo de discurrir, que por sì solo no concluirìa cosa alguna, y à quien no faltan otras que oponerle, (*) se ha confirmado con algunas experiencias muy ingeniosas, y en la apariencia muy favorables à la opinion que se acaba de citar. Pero en una materia como esta, en que no valen las consequencias de lo particular à lo universal, es necessario arreglarse à lo que mas ordinariamente sucede. Las experiencias reiteradas me han mostrado casi siempre (como à Mr. Muschembroek, que ha hecho muchas de esta especie) que era preciso entrar en cuenta las superficies, aunque mucho menos que las presiones. Por lo que mira à la relacion que unas,

(*) *M. Amontons Hist. de l'Acad. des Sc.* 1699. *pag.*104. *Exper. de Mr. de la Hire. Ibid.*

(*) *Vease l'Hist. de l'Acad. des Scienc. de* 1703.*pag.* 108. *& suiv.*

unas, y otras tienen con los efectos, no encuentro nada que me ſatisfaga de modo, que pueda proponer con fundamento ſólido los principios de una exacta theorica.

Fuera de la preſsion, y el tamaño de las ſuperficies, ha de entrar en cuenta la velocidad, para el juſto valor de las frotaciones; porque como eſta ſuerte de reſiſtencia nace de las partes travadas, que es preciſo romper, ò que no pueden deſenredarſe, ſino haciendo ceder la preſsion, que tiene à las ſuperficies aplicadas entre sì; es evidente, que la ſuma de las reſiſtencias ha de ſer tanto mayor, quanto ſea mayor el camino que ha de andar el cuerpo frotante en un tiempo determinado; porque entonces ha de ſer mayor el numero de las partes enlazadas que ſe rompen, ò eſtas ſe han de deſprender con mas frequencia.

Pero hay aqui una coſa muy notable, y es, que eſte aumento de reſiſtencia, nacido de la velocidad, con que ſe frotan las ſuperficies, tiene ſus límites, que pueden paſſarſe acelerando el movimiento, ſin que ſean mas conſiderables las frotaciones: y aſsi puede decirſe de algun modo, que no porque ſe aumente la cauſa, debe aumentarſe el efecto: paradoxa, que merece alguna explicacion.

Supongamos, que DE, y FG, (*fig.* 8.) repreſentan dos ſuperficies de cuerpos duros, cuyas deſigualdades inſenſibles eſtèn entrelazadas

unas

unas con otras: que la presion que los une, obre en la direccion AB perpendicular à la del movimiento, que hace resbalar un cuerpo sobre otro. Bien se vè, que el que està encima, no puede moverse, segun la direccion BC, sin que las partes mas elevadas *e*, *f*, *g*, *h*, salgan de las concavidades en que estaban hundidas; lo que no puede suceder, mientras todo el cuerpo DE no se levante contra el esfuerzo de la presion. Si esta es bastante para hacer que las partes desprendidas caygan en los huecos que se siguen immediatamente; esto es, que la parte *e*, saliendo del 1, recayga en el 2, en el 3, &c, es claro, que el esfuerzo necessario para levantar el cuerpo DE, ò para desprender las partes, se repetirà tantas veces, quantas son las pequeñas elevaciones de la superficie FG: y mientras mas camino ande el cuerpo frotante en un tiempo dado sobre el otro cuerpo, mas lugar tendrà para recaer, y levantarse: y asi la resistencia de las frotaciones se aumenta por la velocidad, mientras ésta no impida, que las partes altas de una superficie éntren succesivamente en las partes baxas de la otra, del modo que acabamos de explicar.

Pero puede suceder, que el movimiento que se hace, segun la direccion BC, sea tan rápido, que desprendidas las partes eminentes *e*, *f*, *g*, *h*, passe adelante una grande cantidad de ellas, antes que la presion las obligue

à

à enſamblarſe: eſto es, que la parte *e*, haviendo ſalido de la primera concavidad de la ſuperficie FG, en vez de recaer en la 2, vaya à parar haſta la 3, ò la 4; y entonces ſe concibe facilmente, que el cuerpo frotante DE podrà caminar 2, ò 3 veces otra tanta ſuperficie, ſin que por eſſo ſe entrelacen ſus partes con mas frequencia.

Las experiencias, que voy à proponer, moſtraràn lo que me ha parecido conſtante en las frotaciones. Primero, que el frotamiento de la primera eſpecie opone mas reſiſtencia que el de la ſegunda. Segundo, que el frotamiento es mayor, aumentadas las ſuperficies, ſiendo igual por otra parte todo lo demàs. Tercero, que la preſsion hace tambien crecer la reſiſtencia del frotamiento de qualquier eſpecie que ſea. Quarto, que à iguales proporciones, la reſiſtencia del frotamiento aumenta mas por las preſsiones, que por las ſuperficies.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 9. repreſenta un inſtrumento, compueſto lo primero, de quatro rodajas 1, 2, 3, 4, pendientes de muy finos exes, que tienen ſu movimiento en dos pies dobles PP. Lo ſegundo: de una otra rodaja, mayor que las

otras,

otras, cuyo exe OO tiene por todas partes cerca de dos lineas, y media de diametro; y termìna en dos agujas de acero, que dàn vueltas en dos tornillos QQ, en cuyo centro las reciben dos agujeros, ò bien en las interfecciones de los dos pares de rodajas: un muelle espiral, que està de firme por un lado en uno de los pies dobles, y por el otro en el exe de la mayor rodaja, la hace dàr vueltas alternativamente de un lado à otro; y la duracion de su movimiento se cuenta por el numero de las vibraciones del muelle. Tercero, de una pieza R, (representada sola en la *fig.* 10.) que descansa sobre el exe de la rodaja, yà por una superficie *f*, yà por las otras dos *tt*, semejantes à *f*: à la extremidad de esta pieza se atan uno, ò muchos pesos pequeños, para aumentar la presion sobre el exe. Quando el muelle se estiende, se acerca la pieza V para sostener uno de los brazos que forman la cruz de la rodaja grande, que es el modo de asegurarse del grado de tension, y de recogerlo con exactitud.

Las agujas de la rodaja se meten desde luego en los agujeros de los tornillos QQ, y despues se dexan descansar sobre las interfecciones de las otras rodajas, sin cargar el exe con la pieza R; y en uno, y otro caso se tiene cuidado con que el muelle estè igualmente recogido.

EFEC-

EFECTOS.

Haviendo recogido el muelle, si en el primer caso se contaron 29, ò 30 vibraciones, antes que el movimiento llegasse à cessar enteramente; en el segundo se cuentan cerca de 400, durando cada una cerca de un segundo.

EXPLICACIONES.

Esta Experiencia, considerada precisamente en los dos hechos, que establece, prueba con claridad, que los frotamientos de qualquier especie que sean, destruyen el movimiento por una resistencia, que solo difiere en el mas, y en el menos. Pero al mismo tiempo muestra, que la primera de las dos especies de frotamientos, que hemos distinguido, tiene efectos mas dignos de consideracion, que no la otra: quando las agujas dàn vuelta en los tornillos, el frotamiento es de la primera especie: toda su superficie cylindrica passa successivamente por cima de la parte inferior de cada uno de los agujeros; quando por el contrario estas mismas agujas con su mismo movimiento hacen andar las rodajas, en que estrivan, entonces el frotamiento es de la segunda especie; porque la circunferencia de sus agujas no hace mas, por decirlo

cirlo asi, que desliarse, sobre la circunferencia de las dichas rodajas: la parte que toca en este instante, no toca en el siguiente, y la que precede le sirve de estrivo, para desprenderse, siguiendo una direccion favorable: como el diente de una rueda, que comienza à morder en el piñon, sirve para que el que havia mordido antes, suelte con mas facilidad.

APLICACIONES.

No hay cosa mas comun que los efectos de las fricciones: en todas partes se encuentran, y puede decirse en general, que son la causa principal de las alteraciones, y destrucciones, que notamos en todas las obras del arte, y especialmente en aquellas de que usamos frequentemente. Los vestidos, los muebles, las alhajas, los instrumentos, &c, no duran mas de un cierto tiempo, porque los frotamientos à que estàn expuestos continuamente, varìan insensiblemente las superficies, y las figuras, y les hacen perder las qualidades que de ellas resultan. Las materias mas duras, y mas sólidas no pueden servir mucho tiempo, sin dàr señas de diminucion. Una navaja, un cuchillo, una hacha pierden en poco tiempo su filo: la reja de un arado necessita tambien de repararse de tiempo en tiempo. Y el cavallo que resbala sobre el empedrado, dexa en èl vestigios, en que la vista

vista menos atenta no puede dexar de conocer las partes de la herradura, que quedan alli à causa del frotamiento. Pero como nada en el universo se aniquila, todas estas particulas desprendidas de esta suerte de sus massas, se mezclan con diversas materias, en las quales se hallan, quando menos se piensa. Algunos sabios Physicos se han quedado admirados al encontrar algun hierro en el barro, y en las cenizas de las plantas; por no prestar una atencion suficiente à la prodigiosa divisibilidad de los metales en general, y en particular al continuo consumo del hierro, yà en los utensilios para el cultivo de las tierras, yà en otros infinitos usos, que le dàn ocasion para esparcirse por todas partes. Otros, algo mas atentos al grande, y perpetuo consumo de las obras de hierro, aun lo han reconocido en el lodo de las grandes Ciudades, atribuyendole el color negro que tiene, y de que es la causa verisimilmente. Si fuesse el oro tan comun como el hierro, y se usasse de èl con tanta frequencia, y extension, no dudèmos que se encontrarìa en todas las materias en que se buscasse con cuidado. Pero tendrìa derecho para decir, que havia hecho oro el que asi lo hallasse en qualquier sitio? Me parece que tendrìa tanto como lo tiene para jactarse de hacer hierro el que lo encuentra en la ceniza. Si entre todos los famosos Alquimistas, que han enriquecido el mundo con sus

promessas, ha havido alguno que haya hecho oro real, esto no ha sido mas que haver encontrado casualmente entre un gran numero de materias passadas por el crysol, alguna particula de oro; que solo debiò al Artifice el haverla separado de entre los cuerpos extraños, en que estaba oculta. El hacer el oro de esta suerte, me parece muy possible, pero dudo mucho que se haga el suficiente para pagar el gasto del carbon.

Si los frotamientos dañan en muchas ocasiones, tambien hay otras, en que nos aprovechamos de ellos. Las Artes lo han sabido hacer, aun en las cosas mas opuestas, al parecer, à su progresso. Una lima no es mas que una superficie herizada de puntas, y de filos hechos de proposito; su frotamiento sobre las materias duras es un medio muy cómodo para darles la figura como se quiere, por una diminucion de volumen bien proporcionada: por esso sirve este instrumento para un gran numero de exercicios. El Artifice inteligente saca de este mismo medio varias ventajas, segun las modificaciones con que lo usa. Yà para ganar tiempo se sirve de una lima, cuya aspereza exige mayor fuerza: yà escoge una mas fina para suavizar lo que dexò en bruto la primera; y finalmente, quando la mas suave de todas, no lo es suficientemente, la frota con aceyte, el qual retiene las partes del metal conforme se vàn des-

pren-

prendiendo ; de eſte modo ſe llenan las concavidades del inſtrumento, de ſuerte, que ſus puntas quedan mas cortas, y menos aſpera ſu ſuperficie.

Lo que decimos de las limas, ſe ha de entender tambien de toda eſpecie de piedras de amolar, que por lo que mira al efecto del frotamiento, ſolo ſe diferencian en ſer mas, ò menos duras.

El compàs, y en general todos los inſtrumentos con goznes, que ſe han de tener cerrados, ò abiertos à diferentes grados, ordinariamente tienen la propriedad de lograr un frotamiento igual, y ſe gana mucho tiempo al uſar de ellos, quando no es neceſſario el fixarlos con otros medios, como quando ſe uſa de tornillos, ú otra coſa equivalente.

La reſiſtencia del frotamiento ſe diſminuye, untando las ſuperficies con algun fluido, ú otra materia graſſa. Los bordes de una caxa ſe untan con jabon, quando la tapa aprieta mucho; con aceyte los goznes para ſuavizarles el movimiento: con ſebo los cubos de las ruedas por de dentro: medios todos con que ſe llenan las deſigualdades mas ſenſibles de las ſuperficies, y que por conſiguiente las dexan mas iſas, y en mejor eſtado para resbalar una ſobre otra. Por otra parte las particulas de eſtos fluidos, ù de eſtos cuerpos graſſos interpueſtos, varian la eſpecie del frotamiento; pues ſon otros

tan-

tantos globulitos, que ruedan entre las superficies, que les sirven de vehiculo comun, y que hacen como en disseño, lo que vèmos de un modo mas sensible, quando se ponen rodillos debaxo de una piedra, ò de una viga, para facilitarles el transporte.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LAS agujas del exe de la grande rodaja se dexan caer sobre las intersecciones de las otras quatro mas pequeñas: se recoge el resorte al mismo grado que en la Experiencia precedente. Luego se pone la pieza R sobre el exe de la rodaja grande, de suerte, que solo lo toque con una superficie *s*, y con su solo peso: despues se vuelve del otro lado, para que toque con las dos superficies *t t*, sin aumentar el peso; y se cuentan las vibraciones en uno, y otro caso.

EFECTOS.

Siempre que el frotamiento se hace por una sola superficie, como en el primer caso, se cuentan 40 vibraciones: quando la superficie es doble, como en el segundo, no se cuentan mas que $29\frac{1}{2}$, supuesta la igualdad de todo lo demàs, como se ha dicho.

EX-

EXPLICACIONES.

Siendo la desigualdad de las superficies causa de los frotamientos, es evidente, que aumentada la superficie, que frota, se ha de aumentar el numero de estas desigualdades. Si tal vez no sucede esto de modo que se vèa, serà en fuerza de la disposicion particular de las superficies, ò lo atribuirèmos à una cantidad de movimiento tan grande, que la resistencia de los frotamientos no baste para poderse medir, y comparar. Pero como en las grandes maquinas (en que los frotamientos son de mas consequencia) las piezas siempre tienen las superficies muy asperas, creo, que no se debe menospreciar la cantidad de su extension. No obstante, por la Experiencia precedente se vè, que la resistencia de los frotamientos, aunque en parte dependa del tamaño de las superficies, no por esso lo sigue en todas sus proporciones. En el uno de los dos casos citados, aunque la superficie sea doble, no se duplican los frotamientos. Y serìa muy dificil (para no passar mas adelante) el determinar la proporcion, que tienen estas resistencias, con una cantidad de superficie determinada.

APLI-

APLICACIONES.

Los frotamientos considerados à razon de las superficies, retardan la velocidad de todos los cuerpos indiferentemente. Por lo que mira à los sólidos, lo acabamos de probar, y cada dia puede notarse, que sucede lo mismo con los fluidos, y licores. Los surtideros de agua nunca llegan à la altura à que debieran, mirada su cantidad de movimiento, y los rios corren mas despacio, quando estàn baxas las aguas.

Por todas partes experimenta un frotamiento el agua encañonada, aun quando salta en el ayre. Por una parte la detiene la superficie interior, è immobil de la cañerìa. Despues al passar al ayre, se ha de considerar como en otra cañerìa, cuya superficie solo difiere de la primera en lo ralo, y móbil de sus partes.

Aunque la superficie de un cañon grande sea mayor que la de uno mas estrecho, no obstante, es menor por lo que mira à su capacidad; porque està demostrado, que el que tiene dos pulgadas de diametro (hablo de los cañones redondos, y cylindricos) contiene quatro veces mas agua, que el que no tiene mas que una pulgada; y que la circunferencia del primero solo es el doble de la del segundo.

Con

Con esto se vè, que en iguales cañones, el frotamiento que nace de las superficies, và disminuyendo, segun aumenta la capacidad: puesto que si el volumen de agua, que es quadruplo en el mas gruesso, estuviera dividido en quatro iguales al menor, corresponderìa à unas superficies, cuya suma serìa el doble de la que lo contiene. La experiencia concuerda del todo con esta theorica; porque mientras mas se disminuye la capacidad de los cañones en las bombas, en los aqueductos, en las fuentes, &c, se reconoce mas tardanza en la rapidèz de las aguas.

Por esta razon corren mas rápidos los rios en tiempo de muchas aguas; los frotamientos que se han de vencer, se reparten entonces entre una massa mucho mayor, y por consiguiente se oponen menos al movimiento del fluido.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

DIspuesto el instrumento como para la Experiencia passada, la pieza R se assentarà sobre el exe de la rodaja grande por la superficie *f*, y se atarà en X la pesita Y, que duplica la presion.

EFECTOS.

En este ultimo caso no se cuentan mas de 21 vibraciones, aunque se haya estendido el resorte, como en las Experiencias precedentes.

EXPLICACIONES.

Aumentada la presion por el peso que se añade, se hace tambien crecer el frotamiento; porque las partes de las superficies, que se travan mútuamente, penetran mas adentro, y resisten mas al movimiento que tira à separarlas. Por esta ultima experiencia se vè, que una presion doble hace mas que una superficie aumentada de la mitad; porque antes hemos visto, que haciendo frotar dos superficies en lugar de una sola, el numero de vibraciones disminuye de un quarto solamente; y ahora vèmos, que poniendo doble la presion, no hay mas que 21 vibraciones en lugar de 40, que es casi la mitad menos.

APLICACIONES.

Quando los calores son grandes, se atrassan sensiblemente los movimientos de los reloxes: este accidente, que descompone los péndulos,

y mueſtras, por lo comun depende de muchas cauſas, que concurren al miſmo efecto. Entre ellas hay una de quien ſe hace poco caſo, pero que no obſtante merece contarſe como las otras: eſta es el frotamiento, que ſe aumenta por la preſsion, conforme ſe vàn calentando las piezas. Porque ſe ſabe, y lo probarèmos à ſu tiempo, que á los metales, no menos que à qualquier otra materia, ſe les aumenta el volumen con el calor, aſsi como ſe les diſminuye con el frio; la miſma cauſa, al dilatar las platinas, dexa mas eſtrechos los agujeros, y eſtiende las agujas; de modo, que con eſte doble efecto, el movimiento queda tanto menos libre, quanto ſe aumenta el frotamiento por la preſsion.

El Tornero, que labra un pedazo de metal entre dos puntas fixas, ſe eſpanta tal vez al ſentir la reſiſtencia que hace la pieza al movimiento del arco, deſpues de haverſe movido libremente algunos minutos: la cauſa de eſto es, que el frotamiento aumenta por la preſsion, conforme ſe dilata el metal al calentarſe: aſsi el remedio mas pronto, y mas en uſo, es el mojarlo con un poco de agua, para enfriarlo.

El fruto que ſe ſaca de los alicates, tenazas, y de quanto tiene analogìa con eſta eſpecie de inſtrumentos, ſolo nace de un frotamiento aumentado por una fuerte preſsion.

Aqui se ha de advertir una cosa: y es, que las maquinas, que surten su efecto en el modélo, no siempre salen bien despues de executadas en grande, aunque se hayan guardado las mismas proporciones: esto nace por lo comun de que los frotamientos al aumentar no siguen la proporcion de las superficies solamente, sino mas bien las de la presion, que con gran frequencia crecen, como el peso, ò la solidèz de las piezas: esto es, que si v. gr. en el modélo se havian reducido las dimensiones à pulgada por pie, al executar la maquina, el liston que tendrìa 12 pies de largo, y seis pulgadas de quadrado, pesarìa 1728 veces otro tanto, de lo que pesarìa el modélo, si es de la misma materia. Esta consideracion, que no se puede menospreciar, quando se tienen principios, tal vez hace, que se juzgue con poco aprecio de una maquina, cuyo buen exito quedaba, al parecer, assegurado por la experiencia misma.

De todo quanto hemos dicho, y probado tocante à la resistencia de los intermedios, y de los frotamientos, es preciso inferir, que en el estado natural no puede haver algun movimiento mecanico inalterable. Lo primero, porque un cuerpo no se puede mover, sino en algun espacio; y no hay lugar alguno perfectamente limpio de toda materia. Lo segundo, porque un cuerpo, qualquiera que sea, no puede

de exercitar ſu movimiento, ſino ſobre alguna ſuperficie, ò bien es preciſo colgarlo de algun punto fixo, al rededor del qual pueda moverſe. En uno, y otro caſo hay frotamiento, ò ſobre el plano, ò en el punto de ſuſpenſion, ò en el miſmo intermedio por donde paſſa. Eſte doble impedimento diſminuirà preciſamente la cantidad del movimiento impreſſo: y aſsi, para moverſe perpetuamente ſeria neceſſario que à cada inſtante adquirieſſe nuevas fuerzas, para reſtaurar las perdìdas; lo qual es contra la primer ley del movimiento, que quiere, que un móbil ſe conſerve conſtantemente en el eſtado que ſe le diò, ſi éſte no varìa por alguna nueva cauſa. De aqui parece, que ſe demueſtra evidentemente, que no puede haver movimiento perpetuo mecanico en el eſtado natural, y que los que con obſtinacion lo buſcan, y multiplican los gaſtos, pierden el tiempo, el trabajo, y el dinero.

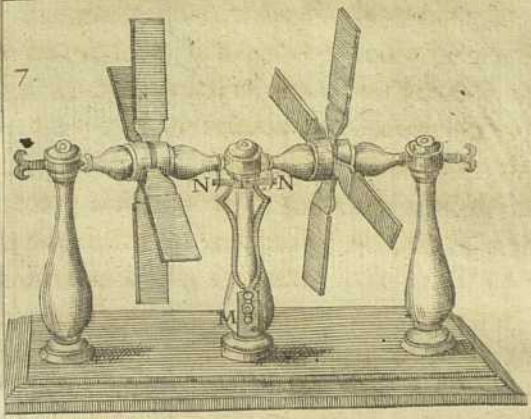
Si alguno cree movimiento perpetuo el de un péndulo, que continùa en ſus vibraciones iguales por medio de un reſorte, ò de las peſas que de tiempo en tiempo ſe ſuben, ò de otro equivalente, eſte tal no eſtà muy impueſto en el eſtado de la queſtion; porque ſolo ſe trata de un movimiento, que una vez impreſſo, ſin añadirle nada en adelante, ſe baſte à sì miſmo para perpetuarſe. El reſorte, ò el peſo, por ſu esfuerzo conſtante, reparan

ſin

ſin ceſſar el grado de velocidad perdido en el inſtante precedente; y eſta reſtauracion es una addicion al movimiento primitivo.

Los que dexan alucinarſe, yà por la inſpeccion de una maquina, yà por una pretendìda demonſtracion geometrica, ſobre que tal vez ſe fundan, para eſtablecer el deſcubrimiento del movimiento perpetuo, ſon victimas de la mala fé, ò de un paralogiſmo, que hace poca fuerza à los que eſtàn bien impueſtos. El movimiento perpetuo es la piedra Philoſophal de la mecanica: los que tocan en ella, de ordinario eſtàn poco iniciados en eſta Ciencia: aſsi como una inquiſicion obſtinada de la Alquimia, ò de la quadratura del circulo no prometen, ni un habil Quimico, ni un Geometra ſublìme.

LEC-



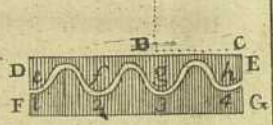


Fig. 8

Fig. 9

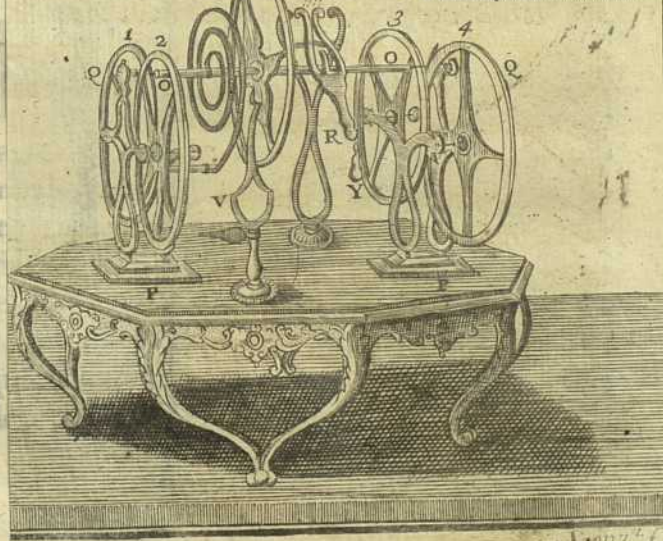


Fig. 7

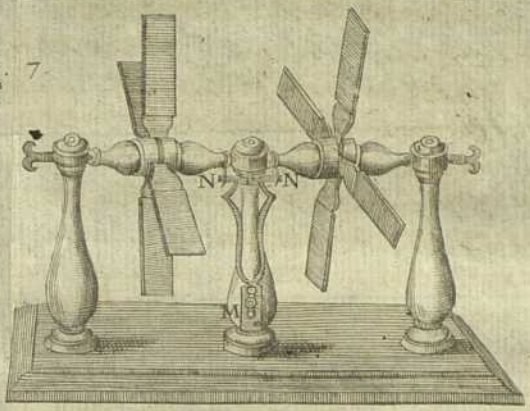


Fig. 8

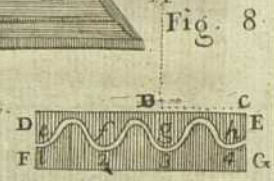


Fig. 9

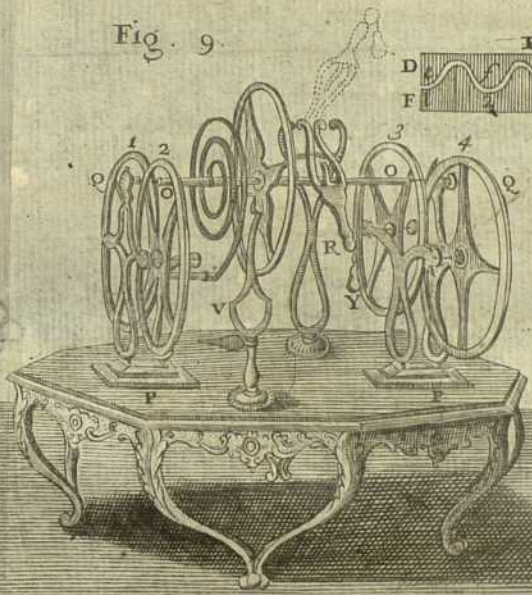


Fig. 10.

LECCION IV.

PROSIGUEN LAS LEYES del movimiento ſimple.

DE LAS CAUSAS QUE MUDAN la direccion del movimiento.

DEſpues de haver enſeñado en la ultima Seccion de la Leccion precedente lo que indiſpenſablemente diſminuye la velocidad del móbil, falta, que dèmos à conocer las cauſas que mudan ſu direccion, quando no guarda la que tuvo al principio. Pero para hacerlo de un modo mas inteligible, empezarè eſtableciendo la ſegunda, y tercera ley del movimiento ſimple, en las quales ſe funda la mayor parte de lo que hay que decir tocante à eſta materia.

SEGUNDA LEY DEL *movimiento simple.*

LA mayor, ò menor mudanza, que acontece al movimiento de un cuerpo, siempre es proporcionada à la causa que la produce.

En un móbil, en quien se supone la massa constante, solo son variables su velocidad, y su direccion: para que una, ù otra se muden, es necessaria una fuerza positiva, que no tiene el móbil antes de la mudanza, ni menos facultad para comunicarsela à sì mismo. Quando esta fuerza està en accion, solo puede producir aquello de que es capàz: y assi su valor puede apreciarse por el de su efecto. Como una libra de plomo, puesta en el peso, no pesa mas, ni menos de una libra: ni hay que esperar, que su accion contra el otro lado exceda, ò no alcance à un peso igual, si la balanza es justa; y recíprocamente, si este lado està en equilibrio con el otro, se puede inferir con toda seguridad, que el peso del otro, que es la causa, iguala à una libra.

TER-

TERCERA LEY DEL *movimiento ſimple.*

LA reaccion es igual à la compreſsion.

Siempre que un cuerpo que ſe mueve, ò que tira à moverſe, obra contra otro cuerpo, lo comprime; y eſte ſegundo exercita recíprocamente una igual compreſsion ſobre el primero. Si yo eſtrivo con la punta del dedo ſobre la balanza vacìa de un peſo, para levantar una libra de plomo que eſtà en el otro lado, es lo miſmo, que ſi recibiera ſobre mi dedo la libra de plomo para ſoſtenerla. Quando un hombre tira de un barco con una cuerda deſde la rivera, ò deſde el barco tira de la cuerda amarrada à una eſtaca, el efecto ſerà el miſmo. Porque la reſiſtencia, ò reaccion del punto fixo es igual à la accion, que obra contra ella.

Examinèmos ahora el modo con que un móbil muda de direccion, y la regla que ſigue en eſta mudanza.

Quando un cuerpo, que ſe mueve, muda de direccion, ſeñal es que algun impedimento lo fuerza à ello; porque ſegun la primera ley, de sì miſmo tira à perſeverar en ſu eſtado. Eſte obice puede ſer, ò una materia fluida, en que ſe abra camino; ò un cuerpo ſólido, que le opone toda ſu maſſa, à cauſa de la tra-

travazon de ſus partes. El primer caſo ſe repreſenta en una piedra, que ſe tira al agua; el ſegundo en una bala de plomo arrojada contra un muro.

SECCION PRIMERA.

DE LA MUDANZA DE direccion, ocaſionada por el encuentro de una materia fluida.

SI el móbil, que ſe dirige ácia un cierto punto, llega à encontrar alguna materia fluida, ò que lo ſea reſpecto de èl, no hace mas que paſſar de un intermedio à otro: y por lo comun los tales intermedios para èl no ſon igualmente penetrables, ora por la diferencia de ſus denſidades, ora por qualquier otra cauſa, que ahora no es tiempo de examinar. Eſta mayor, ò menor reſiſtencia, que experimenta el móbil, al entrar en el nuevo intermedio, no dexa de extraviarle ſu direccion ſiempre que éntre obliquamente; y eſta mudanza ſe llama *refraccion*, para dàr à entender, que queda como quebrada la direccion del móbil en aquel ſitio, en que ſe juntan los dos intermedios. Aclarèmos éſto con una figura, y con algunos exemplos.

Su-

Supongamos un grande eſtanque lleno de agua, cuyo corte interior ſe repreſente en ABCD, (*fig.* 1.) y una piedra, ù otro cuerpo duro E en el ayre, que ſe dirija ácia la ſuperficie del agua con baſtante velocidad, para hacerlo entrar en ella, y continuar ſu movimiento.

Para eſto ſolo puede dirigirſe la piedra de dos modos; es à ſaber, por la linea perpendicular PF, ò por una linea obliqua, tomada entre PF, y CF. Porque es cierto, que ſi la piedra ſiguieſſe la linea CF, ò ſu paralela, nunca llegarìa à entrar en el agua, ni mudarìa de intermedio. Si el cuerpo E viene à la ſuperficie del agua por la linea PF, continùa moviendoſe por F*p*, y ſu direccion no padece mudanza alguna.

Pero ſi ſigue una linea obliqua, como *e*F luego que llegue à F, ſerà el agua para èl un intermedio *refringente*: en vez de continuar ſu movimiento por FG, tomarà una nueva direccion, entre FG, y FA, tal como FH. Es decir, que la piedra, ò en general el móbil padecerà refraccion; y eſta refraccion lo apartarà de la perpendicular imaginada F*p*, mas de lo que èl huviera hecho, ſi huvieſſe continuado moviendoſe ſegun la primera direccion.

Al contrario ſucederìa, ſi el móbil paſſaſſe de un intermedio que opuſieſſe mas reſiſten-

cia à otro que opusiesse menos, v. g. si saliesse del agua para entrar en el ayre. De modo, que si havia descrito la linea HF, no continuarà por FK, ni por ninguna otra entre K, y C; sino que la refraccion que padecerìa en F, lo determinarìa à seguir una nueva direccion entre K, y P: la qual lo acercarìa mas à la perpendicular PF.

Para quitar toda equivocacion sobre esta perpendicular, que se toma por termino de comparacion, quando se quiere explicar el sentido en que la refraccion se hace; serà bueno observar, que la tal perpendicular no tiene nada de comun con el horizonte, mientras no fuere horizontal la superficie del intermedio, como lo es en un líquido, que no se mueve; porque siempre se habla de la perpendicular à esta superficie, en qualquier posicion que pueda hallarse el intermedio, que causa la refraccion. Porque si, por exemplo, en lugar de un agua quieta, como hemos supuesto, se escogiesse la de una cascada, ò la de un rio muy pendiente, para tirar en ella una piedra; la perpendicular à que se referirìa la direccion de este cuerpo, (assi antes, como despues de entrar en el agua) serìa una linea inclinada al horizonte; y aun serìa horizontal, si llegasse à ser vertical la superficie refringente.

La refraccion, pues, depende de dos condiciones; sin una, ù otra no tiene lugar. La primera

mera es la obliquidad de incidencia de parte del móbil; la ſegunda, que haya mas reſiſtencia en un intermedio, que en otro. Probèmos eſto con los hechos ahora, y procurèmos deſpues dàr à conocer la cauſa.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA maquina de la *fig.* 2. à dos pies, y medio de alto ſobre la baſa ſoſtiene un cañoncito de cobre I, por el qual ſe dexa caer una bala de plomo de cerca de una onza de peſo, en un vaſo de cryſtal L, de 12 à 14 pulgadas de alto, en cuyo fondo ſe havrà hecho una cama de greda, ò de cera blanda del eſpeſor de una pulgada.

Deſpues que la bala por eſta primera caìda haya dexado la ſeñal del golpe, ſe dexa caer ſegunda vez del miſmo modo, haviendo antes llenado de agua el vaſo L.

EFECTOS.

En eſta ſegunda caìda ſe halla la bala de plomo en el miſmo ſitio, en que cayò la primera vez.

EX-

EXPLICACIONES.

Por esta Experiencia parece que la bala no ha perdido su primera direccion, yà moviendose siempre en el ayre, yà passando al caer del ayre al agua: ni hay razon para que se extravìe, si siempre ha sido igual por todas partes la oposicion de los obices que encontrò en el camino; si el esfuerzo de su mismo peso, à quien obedecìa, solo ha tenido que vencer unas resistencias, que cedìan à un mismo tiempo con la misma facilidad, ò que lo retardaban con iguales cantidades. Considerèmos la bala en los diversos tiempos de su caìda.

Lo primero: Mientras que la bala està toda ella en el ayre, este fluido, que se supone en quietud, y uniformemente denso al rededor del móbil, no hace mas que retardarle su velocidad. Pero esta resistencia de ningun modo influye en su direccion, puesto que se exercita con indiferencia ácia todas partes.

Lo segundo: Lo mismo puede decirse, si la bala se considera, quando yà està toda dentro del agua; porque la dificultad que halla en abrirse el passo en este líquido, aunque es mayor que en el ayre, no por esso le estorva el que se dirija à un mismo termino; sino solo el llegar à èl con la misma velocidad, con que irìa en un intermedio menos resistente.

Lo

Lo tercero finalmente: Si ſe examina lo que ſucede, mientras la bala paſſa del ayre al agua, y eſtà parte en el uno de eſtos intermedios, y parte en el otro; ſe verà facilmente, que eſta immerſion no ha de extraviar en nada ſu direccion primera.

Porque mientras el cuerpo M, (*fig.* 3.) baxa por la linea P*p*, todas las partes de las ſuperficies vàn deſcribiendo paralelas, como NT, *n t*; y la reſiſtencia del intermedio ſe exercita ſobre todo el hemiſpherio NO*n*. Quando empieza à hundirſe, reſiſte el agua directamente en O; y conforme ſe và hundiendo, las partes OS, SR, RN, y ſus correſpondientes *Os*, *sr*, *rn*, participan ſucceſsivamente de la reſiſtencia del nuevo intermedio. Pero como eſtas diferentes partes forman por una, y otra parte unos planos mas oblìquos que otros, deſde O, haſta N; havràn de diſminuir algo las cantidades, que aumentan la reſiſtencia del agua, durante la ultima immerſion.

En todo lo dicho no ſe reconoce cauſa alguna, que deba obligar al cuerpo M à que pierda ſu primera direccion. En conſequencia de ſu figura eſpherica, los obices que ſe encuentran en N, en R, en S, &c, ſe recompenſan exactamente por las reſiſtencias, que ſe oponen à las partes *n*, *r*, *s*, &c, y eſte equilibrio mantiene ſiempre el centro M en la linea P*p*. Eſta Experiencia, pues, prueba, que de

parte

parte del móbil es absolutamente necessaria la obliquidad de incidencia para la refraccion; pues sin ella se continùa el movimiento, segun la primera direccion, aunque el cuerpo passe de un intermedio, que resista menos, à otro que oponga mas resistencia.

APLICACIONES.

Un cuerpo grave, que cae de su proprio peso en el agua, se ha de hallar en el fondo, en un sitio que corresponda perpendicularmente al de la superficie por donde passò al caer. Pero lo primero, para esto es preciso suponer, que el fluido estuvo quieto todo el tiempo de la caìda. Porque todos saben, que la corriente del agua se lleva por delante todo lo que cae en un rio, ò en un torrente, aun en el mismo tiempo, que el cuerpo obedece à la fuerza de su peso. Y esta es la razon, por que los que se ahogan en aguas corrientes, jamàs se encuentran en el sitio, en que empezaron à desaparecer.

Lo segundo: La figura de un cuerpo, que se hunde en algun fluido, contribuye mucho à la conservacion, ò pérdida de su direccion primera, independientemente de la refraccion; porque puede ser tal la figura, que llegue à ocasionar varias desigualdades en la resistencia del mismo fluido. Si en vez de dexar caer en el agua

un

un cuerpo esphérico, como el de nuestra experiencia, nos sirvieramos v. g. de un hemisphério, ù de otra cosa semejante, y le dieramos una direccion paralela à su parte llana; se infiere de la explicacion dada ahora poco, que el dicho móbil, à causa de su figura, detenido por un lado mas que por otro, no guardarìa su primera direccion, y describirìa una linea curva, aunque en un intermedio muy uniforme.

Esto se halla confirmado por una experiencia, no menos simple, que frequente. Siempre que se tira horizontalmente algun cuerpo cortante, y convexo por un lado, como una concha de ostra, ù otra cosa equivalente, nunca se le vè seguir la direccion que se le diò; y si la convexidad cae ácia abaxo, comunmente se nota, que el cuerpo se eleva, aun contra la inclinacion de su proprio peso.

Tambien puede observarse, que las aves pesadas, como los cuervos, los pichones, las urracas, &c; al abatirse, despues de un largo vuelo, no dexan de encorbar sus alas, y sus colas, para tomar una figura convexa ácia abaxo: lo qual los dirige precisamente por una linea curva muy larga, que les suaviza la caìda. Al contrario, estas mismas aves, quando son nuevas, se echan de un modo pesado, y tal vez se dàn contra la tierra, porque baxan por una linea menos inclinada al horizonte; yà porque no saben aùn tomar una figura, que les

dè otra direccion, yà porque lo corto de ſus plumas, y lo tierno de ſus miembros no ſe la permite tomar.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ABC, (*fig.* 4.) es un quarto de circulo, en cuyo rayo AB ſe havrà atado un cañon de un fuſil. Se ſujetarà bien contra la pared, ò en qualquiera otra parte bien firme; pero no obſtante, de modo, que pueda moverſe en el punto B; à 18, ù 20 pies de diſtancia ſe pondrà un caxòn de 4, ò 5 pies de largo, lleno de agua; la ſuperficie ſe cubrirà con una gaſſa bien tirante, ò con algunas grandes hojas de papel. F es un baſtidor de gaſſa, ò de papel, de cerca de 18 pulgadas de alto, y un pie de ancho. Eſte baſtidor ſe eleva perpendicularmente ſobre la ſuperficie del agua; y ſu baſe DE, que ſerà una tabla algo peſada, ſe pone ſobre los bordes del caxòn, algo diſtante de ſu extremidad G. Se tendrà cuidado de hacer el lado G del caxòn de una madera fuerte, grueſſa, è igual, que lo preſerve de qualquier accidente, y en que ſe pueda percebir la impreſsion de una bala. En fin, eſtando todo preparado de eſta ſuerte, ſe carga el cañon con baſtante cantidad de polvora, y con bala de calibre, ſi puede ſer; deſpues

ſe ponen los puntos en I, de modo, que el cañon forme con la ſuperficie del agua un angulo de 30, ò 40 grados: y ſe le pega fuego con la mechita, que eſtè pueſta en *a*. (Veaſe la *figura citada*.)

EFECTOS.

Deſpues que la bala ha paſſado las dos gaſſas en I, y en K, en vez de continuar ſu movimiento en eſta direccion para llegar à L, và à dàr el golpe en el punto H de la tabla G, por una linea, que forma un angulo con la primera que havia ſeguido, al venir de A à K. Lo que facilmente ſe percibe, ſi vaciando el caxòn, ſe mira por el punto I: pues entonces ſe nota, que el punto H eſtà ſenſiblemente mas alto que la primera direccion; y que la refraccion, que padeciò en el punto K al entrar en el agua, la apartò de la perpendicular P*p* mas de lo que ella huviera hecho, ſi huviera continuado moviendoſe directamente haſta L.

EXPLICACIONES.

De las leyes del movimiento ſe infiere, que un móbil và ſiempre ácia donde encuentra menos reſiſtencia; porque ſiendo el efecto proporcionado à ſu cauſa, el cuerpo que halla

dos obstáculos al mismo tiempo, ha de sufrir mas del mas fuerte, y ha de vencer con mas facilidad al mas débil: ahora, pues, vencer mas facilmente un obstáculo, es rechazarlo algun tanto en menos tiempo, ù algo mas en un tiempo determinado. Porque un obice, sea el que se fuere, nunca cede sensiblemente en un instante indivisible; con que el mas débil es el que se dexa vencer en menos tiempo.

El ayre, y el agua, por donde ha passado succesivamente la bala de nuestra experiencia, se han opuesto succesivamente à su movimiento; pero mientras toda ella se ha mantenido en uno de estos dos intermedios, no ha debido mudar de direccion; por haverse comunicado igualmente la resistencia à todas las partes del hemispherio anterior, como se viò en la explicacion de la Experiencia primera: y estando en equilibrio en uno, y otro lado los obices, ò las partes resistentes del fluido, la bala debìa perseverar constantemente en la direccion AK, y despues en la linea KH.

Si la igualdad de los obstáculos contra todas las partes del hemispherio anterior *n*, *o*, *p*, (*fig.* 5.) conserva al cuerpo *m* en su direccion, mientras que éste persevera en un solo, y mismo intermedio; es mas que cierto, que al passar obliquamente del ayre al agua, durante todo el tiempo de su immersion, el dicho hemisphe-

pherio encuentra obſtáculos mas dificiles de vencer por un lado de ſu ſuperficie, que por el otro. Porque al llegar el punto R v. gr. à tocar el agua, halla mas reſiſtencia, que el punto Q, que ſolo toca al ayre. Con que deshecho el equilibrio de los obſtáculos de una, y otra parte, el centro M ſe dexa ir ácia la parte mas flaca, y empieza à extraviarſe de ſu primera direccion ST. Pero como la diferencia que hay entre la reſiſtencia del agua, y la del ayre, ſe funda principalmente en el tiempo neceſſario para rechazar uno de los dos fluidos; ſe và aumentando la dicha diferencia, al paſſo que ſe diſminuye la velocidad del móbil; porque ſi la bala de plomo rechazaſſe al agua, y al ayre con una velocidad infinita, no huviera alguna diferencia entre las reſiſtencias, porque entonces ſerìan nulas, ò infinitamente diminutas.

Diſminuido cada vez mas el movimiento del cuerpo à cauſa de ſu immerſion en el agua, ha de reconocer en sì el aumento de la diferencia entre la reſiſtencia que ſufre en la parte ORP, y entre la que ſe opone à la parte OQN. Y aſsi el centro M ſe apartarà mas à cada inſtante, de ſu primera direccion, y baxarà por una linea curva, en cuyo ultimo elemento empieza la nueva direccion, que deſpues de ſu immerſion ſigue la bala.

APLI-

APLICACIONES.

La Experiencia precedente nos dà naturalmente ocasion de advertir una cosa que puede ser util à los que quieren pescar con la escopeta. Por muy buenos tiradores, que sean, muchas veces erraràn el tiro, si no reparan en la refraccion que padece el plomo al entrar en el agua. Lo que acabamos de vèr ahora poco, prueba, que es preciso apuntar mas alto de lo que està el objeto, puesto que el tiro se levanta siempre en el agua, quando es obliqua su direccion. A la verdad, no pudiendo tirar sino à una corta profundidad, por la grande resistencia del agua, y porque el peso del plomo, amortiguada su velocidad, destruye una parte de la refraccion, haciendolo baxar; y como por otra parte se ha de suponer, que el objeto à quien se ponen los puntos, ocupa un cierto espacio; parece que en la práctica importa poco, y se puede despreciar la mudanza de direccion, que el plomo experimenta al entrar en el agua. Pero tambien es preciso advertir, que el pez à quien querèmos dirigir el tiro, solo se vè por los rayos de luz que nos embia, que passan obliquamente del agua al ayre, y que hallandose por consiguiente en el caso de la refraccion, no nos representan el objeto en el sitio verdadero donde èl està. Añadase à esto (y es

lo

lo mas digno de notarſe) que la refraccion de la luz ſe hace al contrario de la de los otros cuerpos, como lo moſtrarèmos en tratando de la Optica; de forma, que el lugar aparente del pez eſtà mas elevado que el lugar verdadero: lo qual dà nuevas fuerzas à la razon que ſe tendrìa de tirar mas baxo, atendiendo preciſamente à la refraccion del plomo.

Aunque las refracciones ſe obſerven con mas frequencia en los intermedios fluidos; generalmente hablando, puede decirſe, que ſe hacen en todos los cuerpos, aun en los ſólidos, ſiempre que el móbil, al penetrarlos, encuentra en ellos obliquamente algunas capas de materia, que reſiſten mas, ò menos. Muchas veces ſucede, v. g. que, al querer clavar un punzon, ò una aguja delgada en una tabla, ſe tuerce el hierro, y no hay fuerzas para hacerle ſeguir la direccion que ſe quiſiera; la cauſa de eſto es, que la punta encuentra obliquamente algunas partes mas duras que otras, como puede facilmente notarſe en el pinabete, en que comunmente ſe hace eſta eſpecie de refracciones: porque cueſta trabajo clavar en èl un clavo, ſobre todo ſi es largo, y delgado.

La refraccion tiene ſu mas, y ſu menos. La hemos viſto nula, quando la direccion del móbil es perpendicular al intermedio refringente; comienza con la obliquidad de incidencia; con ella aumenta, ſiguiendo ſiempre ſus pro-

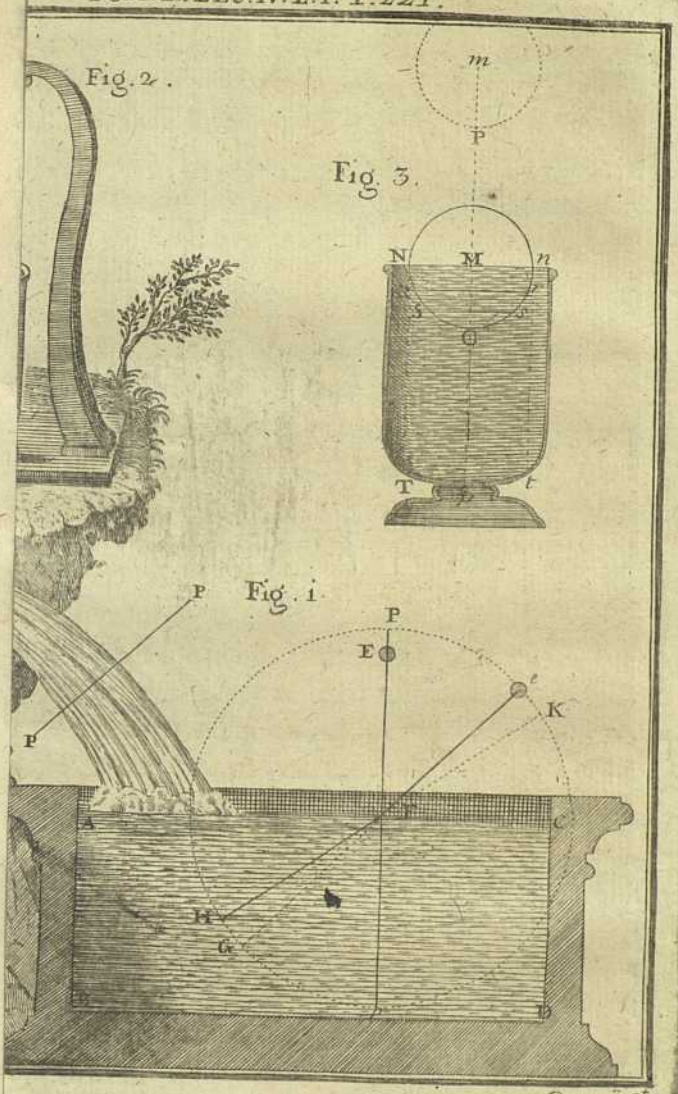
por-

porciones. Porque la bala, que cae por ST, (*fig.* 5.) padece menos refraccion, que la que se dirige por *s t*; y si no se ha olvidado lo que arriba diximos para dàr razon de la refraccion en general*, se verà facilmente, aun con la sola inspeccion de la figura, que la causa de este tal efecto và aumentando, à proporcion que la immersion es mas obliqua. Porque se vè, que mientras la direccion se inclina mas à la superficie del agua, mas tiempo està en el ayre la parte OQN del hemispherio anterior; y por consiguiente la resistencia, que hace la parte del agua contra la parte ORP, excede à las que se oponen à los puntos correspondientes OQN.

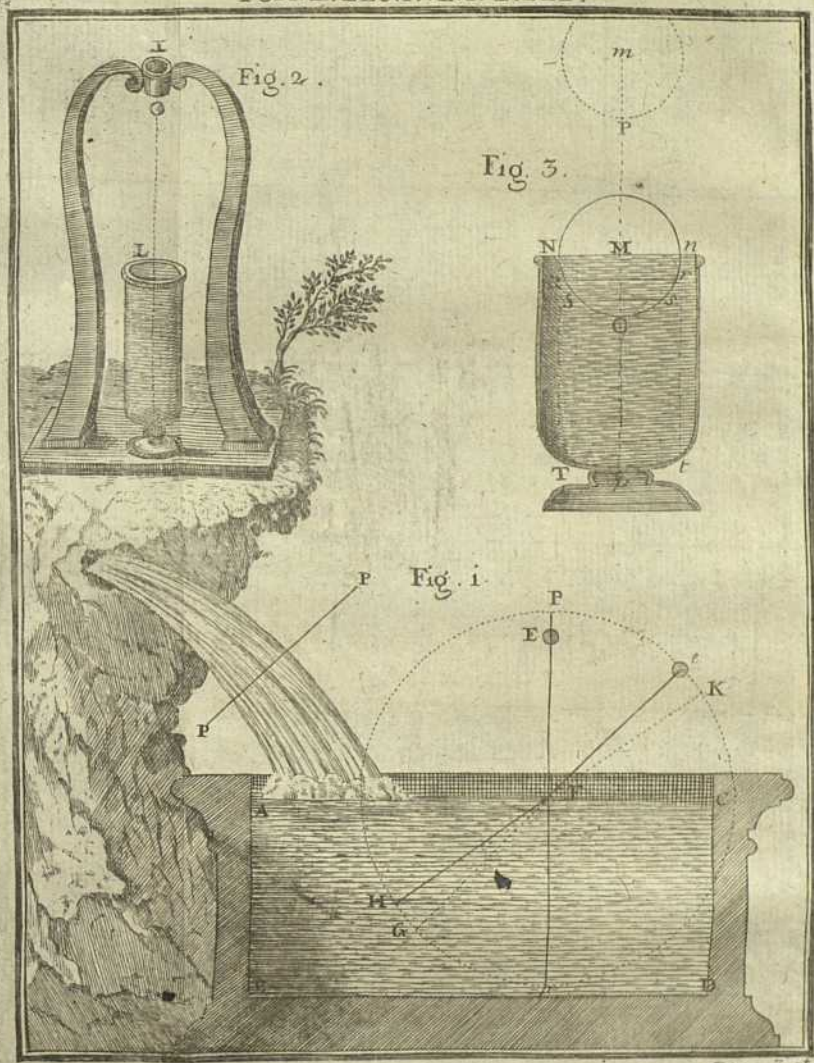
Pero en qualquier grado que se considere la refraccion, siempre se halla proporcionada à la incidencia del móbil, quando no se mudan los intermedios; de lo qual se hace juicio, comparando los angulos de incidencia ACP, y BFD (*fig.* 6.) con los de refraccion *a* C *p*, y *b* F *d*, que se miden por las lineas PA, *a p*, que son los senos; porque si PA es à *ap*, como 2 es à 3; las dos lineas semejantes DB, y *d b*, en que se representa el caso de una mayor refraccion, guardan tambien entre sì la misma proporcion.

No emprendemos probar ésto con experiencias, por la dificultad de dirigir los cuerpos graves por lineas perfectamente rectas, y obliquas à la direccion natural de su peso mismo.

En



Gonz. f.t



Gronz. f.t

En tratando de la luz, que no tiene este inconveniente, tendrèmos tiempo de hacerlo con mas comodidad.

Solo sì añadirè, y lo probarè con el hecho, que quando la incidencia ha llegado à un cierto punto de obliquidad, la refraccion se hace fuera del intermedio refringente (y entonces se llama *reflexion*) de modo, v. g. que una piedra, ò una bala de plomo, en vez de passar del ayre al agua, como acabamos de vèr, se levanta luego que toca en la superficie, y forma con esta un angulo casi semejante al que formò al caer.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

DIspongase el quarto de circulo de la *fig. 7.* de modo, que el cañon, y su linea de direccion MN formen con la superficie del agua NP un angulo de casi cinco grados: y pongase al otro lado de la tina una tabla de madera blanda S, elevada perpendicularmente à la superficie del agua, y que se presente de fáz à lo largo de la misma tina; tambien se pondrà en la superficie del agua un bastidor de gassa de cerca de un pie de largo. Cargado el cañon, peguesele fuego.

EFECTOS.

Al llegar al punto N la bala de plomo, en vez de entrar en el agua, y de sufrir en ella alguna refraccion, como en la Experiencia segunda, resalta del punto de contacto, y và à parar à la tabla en el punto S, formando su angulo de reflexion ONS casi igual al de su incidencia MNP.

EXPLICACIONES.

Al explicar ahora poco las causas de la refraccion, hicimos vèr, que la resistencia del intermedio contra una bola, que se mueve en linea recta, se hace siempre contra la mitad de la superficie espherica N O *n*, (*fig.* 3.) Tambien mostramos en la explicacion de la segunda Experiencia, que quando este hemispherio llega à tocar al mismo tiempo dos intermedios, desiguales en resistencia, el cuerpo entero, de quien es parte, se arrima mas al lado mas débil. De donde se sigue, que este extravìo serà tanto mayor, quanto fuere mayor la diferencia entre los fluidos resistentes, y quanto fuere mayor la parte del hemispherio PROQN, (*fig.* 5.) que ocupe el menos fuerte. La resistencia del ayre, en comparacion de la del agua, es muy corta, ò dura poco tiempo; y quando

se

ſe inclina mucho la direccion de la bala de plomo, como en nueſtra experiencia, por la *figura* miſma ſe puede vèr, que la parte que correſponde al ayre, es mucho mayor que la que llega al agua. Y aſsi el exceſſo de reſiſtencia que hay de parte de eſte ultimo intermedio, viene à ſer como un punto fixo, que impide la entrada del móbil, con baſtante tiempo, para que eſte continùe ſu movimiento en el ayre, que con grande prontitud dà paſſo libre.

Haſta aqui ſe concibe facilmente la razon, por que la bala no éntra en el agua, y acaba ſu movimiento en el ayre, deſpues que ha tocado un intermedio mas reſiſtente, por una direccion muy obliqua. Pero es preciſo convenir, en que todo lo dicho no baſta para dàr à entender, què es lo que la determina à remontar de abaxo arriba, por otra direccion obliqua, que ſe halla en el miſmo plano, que la de ſu incidencia. Porque, de que deba acabar ſu movimiento en el ayre, no ſe infiere, que deba ſubir, deſpues que yà ha baxado; ſi no huviera alguna cauſa, que produxeſſe eſte efecto, parece mas natural, que ſolo resbalaſſe, ò rodaſſe ſobre la ſuperficie del agua; una vez que llegò à ella, y que le quedò baſtante velocidad, para hacer inſenſible el efecto de ſu proprio peſo. En una palabra: todo lo que puede hacer la reſiſtencia del agua, es impedir el paſſo al móbil; pero no conſiderando en ella mas que un obſtáculo invincible,

no se vè, por què pueda determinar à subir lo que, hasta el punto de contacto, estaba determinado à baxar. Con que algo mas hay que considerar, yà sea en el agua, que reflecte, yà en la bala, que sufre la reflexion, ò yà en una, y otra, segun las circunstancias en que se hallan en nuestra experiencia. Pero como lo que aqui passa, en el encuentro de una superficie fluida, quando la incidencia es muy obliqua, sucede siempre que el móbil cae sobre un plano sólido, tenga la inclinacion que tuviesse; dexarèmos el examen de esta causa à la Seccion siguiente, en que hablarèmos del movimiento reflexo: por ahora nos bastarà haver dado à conocer, que hay una obliquidad de incidencia, en que la superficie del agua respecto de una bala de plomo, ò de qualquier otro cuerpo duro, hace el mismo efecto, que harìa un plano sólido, è impenetrable.

APLICACIONES.

Los que disparan en el agua se podràn servir de esta experiencia, como de regla. Si no disparan, ò muy de cerca, ò de un sitio muy elevado, la direccion del tiro llegarà à ser muy obliqua, y el plomo podrà muy bien dexar de entrar en el agua. El que creyera estàr seguro en la rivera opuesta, se pondrìa à riesgo de recibir el golpe: y el evitar hallarse en el plano de la re-

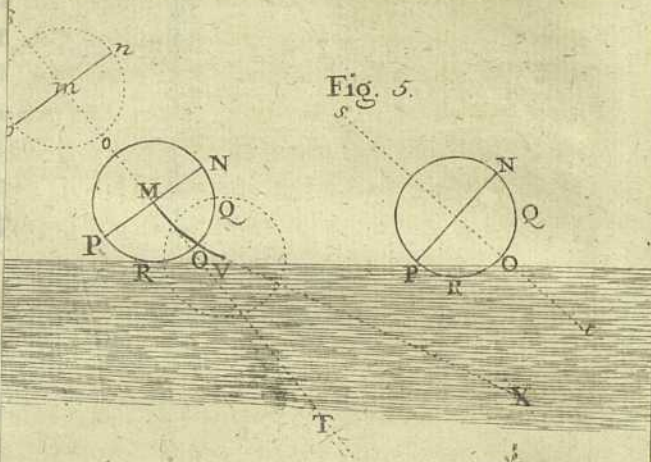
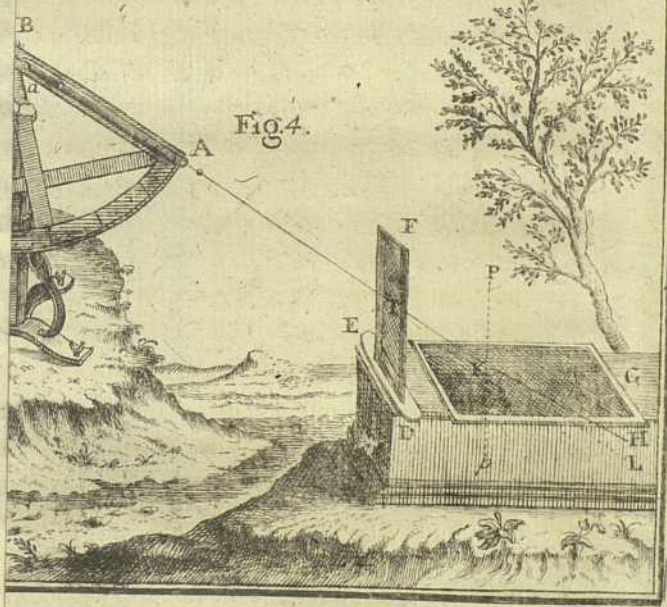


Fig. 5.
n
m
o
N
M
Q
P
R
O
V
s
N
Q
P
R
O
r
X
T


B
a
Fig. 4.
A
F
P
E
X
G
D
H
L
b

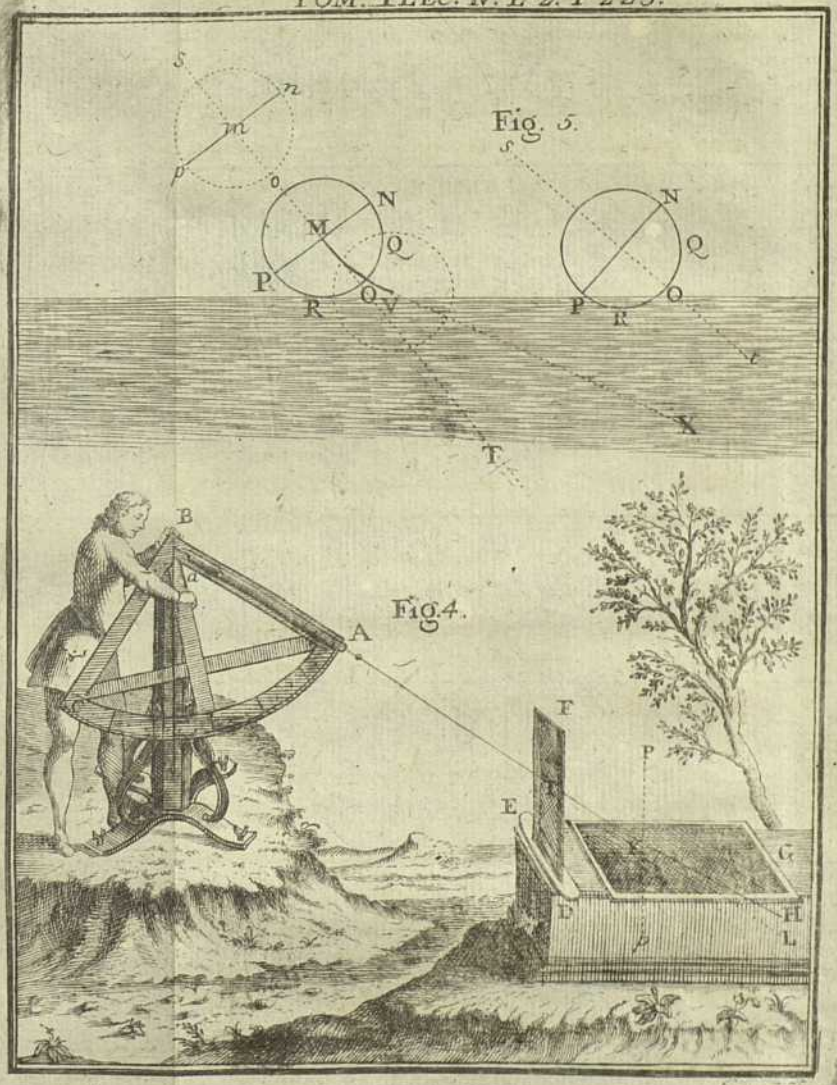


Fig. 5.
s
n
m
p
o
N
M
Q
P
R
O
V
T
X
Fig. 4.
B
A
F
E
P
G
H
L

reflexion, es ſiempre una precaucion muy prudente. Quántas balas ſe vèn rechazar de eſta ſuerte en un combate navàl, deſpues de haver tocado el agua, y hecho un movimiento reflexo? Lo que no debiera ſuceder, al parecer, atendiendo ſolo à la primera direccion.

No hay neceſsidad de buſcar exemplos tan terribles. Un juego tienen los niños, en que vèmos el miſmo efecto, ſin el menor peligro. (*) Eſte es el juego de las cabrillas. Toman una piedra algo mas delgada por los bordes, que por enmedio, la dirigen muy obliquamente ácia el agua, y luego que la toca, ſe vuelve à levantar, por las razones que hemos dicho: y ſi la cantidad del movimiento impreſſo ha ſido ſuficiente, luego que ſu peſo la determina de nuevo à caer obliquamente, cauſa otra nueva reflexion, que ſe repite cinco, y ſeis veces comunmente.

Varias experiencias, que he repetido con cuidado, aunque no he tenido ocaſion de hacerlas con cuerpos de gran volumen, para vèr haſta què grado ſe acerca la práctica à la theorica, me han hecho advertir, que la reflexion que empieza en la ſuperficie del agua, no es la miſma en toda eſpecie de cuerpos indiferentemente, ſupueſ-

(*) En algunas partes llaman *tabletas*, y en Andalucìa le llaman generalmente *hacer panecitos*.

puesto el mismo angulo, y la misma obliquidad de incidencia. Una bala de seis lineas de diametro, entra en el agua, si la direccion forma con la superficie un angulo de seis grados, segun mis observaciones; y al contrario, supuesta la misma incidencia, una mayor bala sufrirà reflexion: y no dudo, que à una bala de cañon le suceda lo mismo, aun siendo el angulo mas abierto: lo que creo variarà segun el diametro de las balas. Porque la resistencia del agua es tanto mayor, quanto lo fuere el numero de las partes chocadas: quando un móbil espherico cae sobre la superficie del agua, y la llega à tocar con un movimiento algo fuerte; no se ha de creer, que precisamente la toca con un punto, sino siempre con un segmento; y éste experimenta una resistencia tanto mayor, quanto lo fuere la esphera, de quien es parte; porque siendo mayor la extension, y menor la convexidad, toca mas directamente la superficie, y al mismo tiempo un numero de partes del agua mucho mayor.

Examinadas yà las mudanzas, que padece la direccion de un móbil, al encontrar un obstáculo, que puede penetrar, ò en que pueda continuar su movimiento; vèamos ahora lo que sucede al tal móbil, si llega à encontrar un cuerpo sólido, que le impide el passo.

SEC-

Fig. 6.

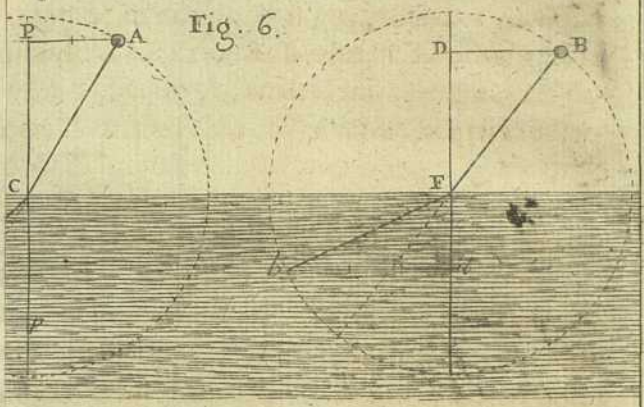
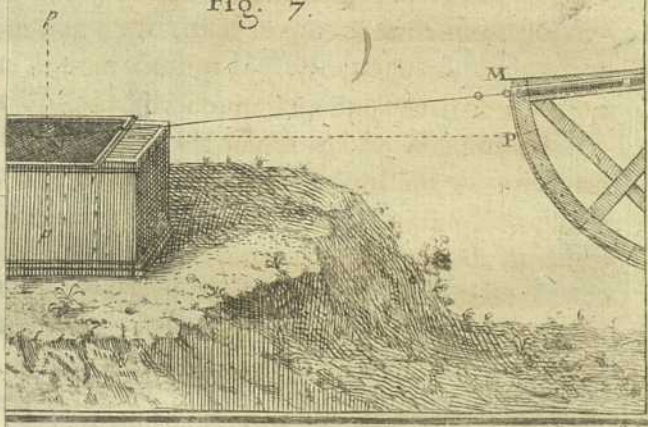


Fig. 7.



Gonz. f.

Fig. 6.

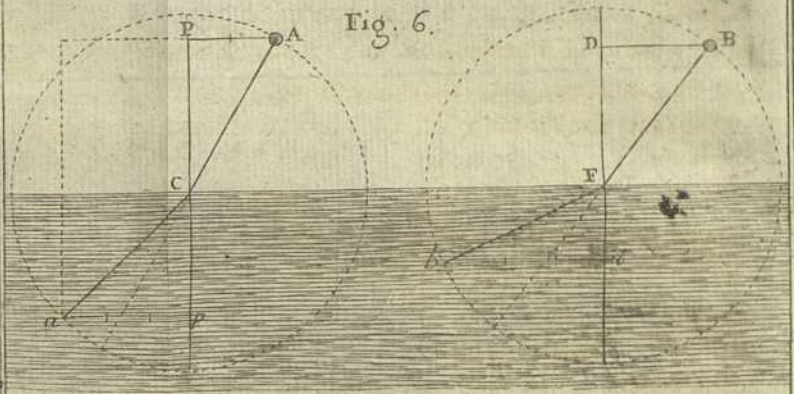
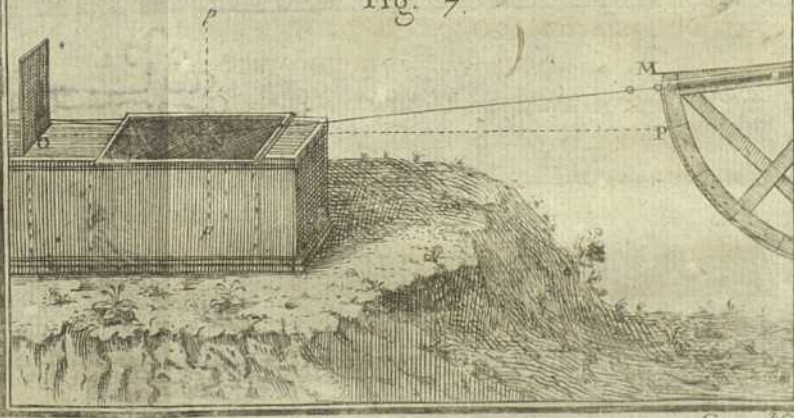


Fig. 7.



Gonz.

SECCION SEGUNDA.

DEL MOVIMIENTO REFLEXO.

EN la Seccion precedente dexamos ſupueſto, que lo que tiraba à mudar la direccion del móbil, era una materia, que èl podia penetrar, y en que le quedaba la libertad de continuar ſu movimiento de un modo ſuficiente, para poder reconocer, ſi obedecìa à una nueva determinacion. Ahora ſuponemos un obſtáculo invincible, una maſſa firme, y conſtante, que no pueda el móbil apartar, ni dividir, para paſſar adelante. Digo, para paſſar adelante; porque, no conociendoſe materia alguna, perfectamente dura, y cuyas partes no cedan à una fuerza ſuficiente; quando un cuerpo choca con otro, aunque éſte no pueda perder ſu ſitio por ſer muy grande, no obſtante, ſiempre ſe hunde aquella parte en que ſe diò el golpe: y ſi el hueco que reſulta es tal, que el móbil éntre en la maſſa, (como ſe vè, quando ſe entierra una bala de cañon, ò quando ſe tira à la arena, ù à un monton de nieve con una bala de moſquete) entonces el obſtáculo hundido viene à ſer un nuevo intermedio; y ſi hay refraccion, ſerà ſegun las leyes que quedan eſtablecidas.

Sien-

Siendo el obstáculo, ù el cuerpo chocado, como se ha supuesto, firme, y constante quanto à su massa total, pero flexible, quanto à sus partes, vámos ahora à saber la direccion, que seguirà el móbil despues del choque.

Pero antes, no serà malo examinar, si el cuerpo, que choca, continuarà moviendose; porque si ha de quedar sin movimiento, serìa en vano inquirir su direccion; y es cierto, que en varias ocasiones el obstáculo dexa sin movimiento al móbil, y no le vuelve nada de quanto le hizo perder.

Para fixar bien la idèa, supongamos una bola de acero arrojada contra una pared; y para mayor simplicidad, mirèmos al cuerpo chocante, como perfectamente duro, y no considerèmos mas que la flexibilidad del cuerpo chocado. En el primer instante del contacto exercita la bala un esfuerzo contra un espacio muy diminuto de la piedra, que encuentra; el qual esfuerzo es proporcionado à la massa, y velocidad actual. Este corto numero de partes, comprimidas de esta suerte por el acero, ceden à su movimiento, vuelven atràs sobre las partes mas immediatas, y éstas sobre las que se siguen; la piedra se condensa en este sitio; y en èl se hace un huequecito; pero este efecto no se produce con una velocidad igual à la que tenìa el móbil en el primer instante, en que comenzò el contacto; porque aquella parte que mudò de

sitio,

ſitio, hizo ſu reſiſtencia, y toda reſiſtencia (aunque vencida) deſtruye una parte de la fuerza, que la obligò à ceder: con que la bola de acero ſe halla retardada al fin del primer inſtante, y ſu esfuerzo es menor al principio del ſegundo.

Pero como, durante el primer inſtante, cedieron ácia atràs las partes chocadas, ſu introceſsion, ù el hueco formado, diò lugar, para que la dicha bola tocaſſe à la piedra por una mayor ſuperficie. Con que el móbil perderà mas de ſu velocidad en el ſegundo inſtante, que en el primero. Lo primero, porque tendrà mas partes que rechazar: Lo ſegundo, porque las partes del intermedio, que ſe hundieron al principio, reſiſten mas de lo que pudieron hacer en el primer inſtante; pues entonces eſtaba menos condenſa la materia chocada; y el cuerpo chocante tenìa mas movimiento.

Por el examen de eſtos dos primeros inſtantes ſe vè, que ha de diſminuirſe la velocidad del móbil, al formarſe el hueco en la piedra; y eſta diminucion aumentarà mas cada vez; pues las partes, en que ſe hace el esfuerzo, ſe multiplican à cada inſtante; y hallandoſe mas, y mas ſoſtenidas por las que eſtàn detràs, ha de crecer ſu reſiſtencia comun, à lo menos, à proporcion de eſtas dos cauſas.

Que ſe retarde, ò no, uniformemente la velocidad del móbil, eſta diminucion no le ha

de impedir, que persevere en su primera direccion, mientras le quedáre movimiento: y asi, hasta que la bola dexa de moverse, no se acaba el hueco que se hace en la piedra: y reciprocamente puede inferirse, que el móbil se para, quando las partes de la piedra no ceden mas. De suerte, que si por entonces no se halla alguna nueva causa, que restablezca el movimiento de la bola, por haver consumido el que recibiò en su primera determinacion, no hay motivo alguno, para que pueda proseguir moviendose: y en efecto la Experiencia muestra, que se queda parada: porque si el sitio de la pared, expuesto al choque, es de piedra blanda, ò de yesso, la bola se queda en el agujero hecho, ò cae de su peso, si no la detienen.

No sucede asi, quando el obstáculo, que el móbil encuentra, es una piedra dura: se vè resaltar despues del choque, y en una direccion diferente de la primera: este movimiento se llama *reflexo.* Vèamos, pues, su causa, y las leyes que lo dirigen.

Al tiempo del choque se hace un hueco en la piedra, no menos que en el yesso, con sola la diferencia de ser mas, ò menos considerable. Pero quando el obstáculo es elastico, y las partes hundidas tienen la virtud de volver à tomar su primer sitio, y segun el orden que tenian antes de perderlo, se vè facilmente la razon que hay, para que el cuerpo chocante vuelva à em-

pe-

pezar ſu movimiento, y ſe vè tambien lo que lo determina à ſeguir una direccion diſtinta de la que ſeguìa al principio: porque al reſtablecerſe eſtas partes hundidas, impelen al móbil ácia atras, y procuran darle la direccion, que toman ellas miſmas.

Todos los cuerpos elaſticos, no lo ſon en igual grado; y aun puede decirſe, que no ſe conoce alguno, que lo ſea perfectamente. Noſotros lo ſupondrèmos, no obſtante, para hacer mas ſimple nueſtra theorica; y conſiderarèmos deſde luego el choque directo, eſto es, el de un móbil dirigido perpendicularmente à la ſuperficie del obſtáculo.

Suponiendo, que el obſtáculo DE, (*fig.* 8.) es un cuerpo perfectamente elaſtico, el punto de contacto A, llevado à B, por el esfuerzo del móbil C, ha de volver de B à A, con una velocidad igual à la que le hize mudar de ſitio. El cuerpo C, rechazado en el punto B, anda el miſmo camino en el miſmo tiempo; y luego que por eſta reaccion ha llegado à ſer tangente à la ſuperficie DE, ſe halla, para llegar de A à F, con el miſmo grado de movimiento que tenia, quando, al llegar de F à A, ſe empezò à hundir la parte *d* B *e*. De eſte modo un obſtáculo perfectamente elaſtico le volverìa al móbil, por una reaccion completa, todo el movimiento, que le havia hecho perder al tiempo de la compreſſion. Vèamos ahora, cómo hemos de arre-

glar la direccion de este movimiento reflexo.

Quando explicamos la refraccion *Sec.* 1. (*fig.* 3.) pusimos à la vista, que el móbil M, cayendo perpendicularmente sobre el intermedio, en que se hace la refraccion, no por esso dexa la linea de su direccion primera: y que despues de la immersion, como antes de ella, tira al mismo termino; porque todas las partes de su hemispherio anterior estàn igualmente sostenidas por la resistencia del fluido, y no hay causa alguna, que avive, ò amortigue su movimiento por un lado mas, que por otro. Discurriendo del mismo modo, si la superficie DE, (*fig.* 8.) es sólida, y perfectamente elastica, el móbil, que viene de F à A, despues de formar el hueco *d* B *e* serà rechazado exactamente por la misma linea, y ácia el punto F; porque las partes correspondientes G, H, obedecen à unas reacciones perfectamente iguales, cuyo equilibrio conserva necessariamente al centro C en una linea, cuyos terminos son A, F.

Tambien hemos probado, *ibid.* (*fig.* 5.) que quando la immersion es obliqua, se aparta el móbil de su primera direccion, y mostramos la causa de la desigualdad de las resistencias, que se oponen à los puntos P, R, O, Q, N, mientras que este hemispherio éntra en el intermedio refringente. Tambien notamos, que, siendo la causa de la deviacion del móbil el aumento succes-

ceſsivo de varias demóras, haſta que éntre del todo en el nuevo intermedio, el centro M deſcribe una linea curva MV.

Lo miſmo ſucede, y por las miſmas razones, quando un cuerpo eſpherico cae obliquamente ſobre un plano ſólido, y elaſtico. (*fig.* 9.) Las partes hundidas ſon otros tantos reſortes diminutos, encogidos por el esfuerzo del mobil, y que diſminuyen ſu velocidad mas, y mas, haſta que finalmente ſe acabe el movimiento que tenia, quando empezò à tocar la ſuperficie del plano en el punto I. De aqui nace la linea curva *i l*, que deſcribe el centro del móbil; y es evidente, que ſi el plano hundido terminaſſe en el punto L, ſe eſcaparìa la bola por la linea LM; y por conſiguiente ſu centro ſeguirìa la paralela *l m*.

Pero como al hundirſe la bola, toca al plano, no por un punto, ſino por una ſuperficie; y todos los reſortes, que encogiò, ſe vàn deſliando ſucceſsivamente, y ſegun el orden en que ſe comprimieron; ſe ſiguen eſtos dos efectos. Primero: la bola vuelve à tomar ſu primer grado de movimiento, porque la rechazan con la miſma fuerza, con que havia hecho la compreſsion. Segundo: vuelve à ſubir por una linea curva MP, (*fig.* 10.) ſemejante à la que deſcribiò, quando empezò à hundirſe; porque los reſortes comprimidos, ſe deſplegan contra ſu parte poſterior, y le imprimen una veloci-

dad,

dad, que se acelera desde M, hasta P, del mismo modo que se havia retardado desde I, hasta M. Asi como la extremidad I de la linea de incidencia fuè el principio de la primera curva, assi la de la reflexion PQ es la continuacion de la segunda; y de esta suerte el angulo RMQ llega à ser igual al angulo SMT.

La igualdad de los angulos de incidencia, y de reflexion se demuestra mas geometricamente, suponiendo un principio, que probarèmos despues, en hablando del movimiento compuesto; es à saber, que el móbil, que describe la linea T M, se há en tal caso, como si obedeciesse à dos potencias, de las quales una le diera la velocidad necessaria para describir la linea T V, mientras que la otra lo hiciera baxar de la altura T S. Si al llegar à M, se aniquilasse su movimiento de arriba ácia abaxo, por alguna causa qualquiera, sin disminuir nada del que lo dirige horizontalmente, es evidente, que estando gobernado por una sola potencia, llegarìa de M à R en otro tanto tiempo, como gastò en llegar de T à M. Pero en lugar de esta suposicion, si estando el móbil en M, la potencia, que lo dirige de arriba abaxo, se convierte en un instante en otra de igual fuerza, pero que le obligue à ir de abaxo arriba; subirà sin duda por M Q con el mismo grado de velocidad, que tenia al baxar por T M. Ahora pues: arriba vimos, que de los dos movimientos, cuya in-

ci-

cidencia obliqua es compuesta, el perpendicular al plano se aniquila en el móbil, y se muda con igual grado en otro movimiento opuesto en la misma linea.

Hasta aqui hemos supuesto el móbil inflexible, y solo hemos considerado el resorte del plano, que reflecte; pero facilmente se concibe, que los efectos serìan los mismos, supuesto el plano perfectamente duro, y que la bala fuesse un cuerpo elastico; porque ésta se aplanarìa en el choque, y las partes hundidas estrivarìan en el plano al tiempo de recobrar su sitio, y rechazarìan al móbil en un sentido contrario con la misma velocidad con que se comprimieron.

A la verdad, en ninguna de las dos suposiciones se halla representada la naturaleza: porque si no se conoce cuerpo alguno perfectamente elastico, tampoco se vè ningun cuerpo sólido privado enteramente de la elasticidad: Y asi, siempre que hay reflexion, se puede decir, que el móbil, y el obstáculo tienen parte en ella, segun el grado de elasticidad.

Puede tambien suceder, que un tercer cuerpo comprimido entre los otros dos al tiempo del choque, tenga alguna parte en el movimiento reflexo, haciendo el oficio de un resorte, que se deslìa por un lado contra el plano, y por otro contra el móbil; y entonces, sea la incidencia directa, sea obliqua, resultaràn los mismos efectos arriba dichos, suponiendo solamen-

te

te la elasticidad en el obstáculo, ò cuerpo chocado.

Parece, pues, que lo mas digno de saberse, por lo que mira al movimiento reflexo, puede reducirse à estos dos capitulos. Primero, que la elasticidad es la causa necessaria de la reflexion. Segundo, que la direccion del movimiento reflexo es tal, que el angulo de reflexion es igual al de la incidencia del móbil, si la reaccion es perfecta.

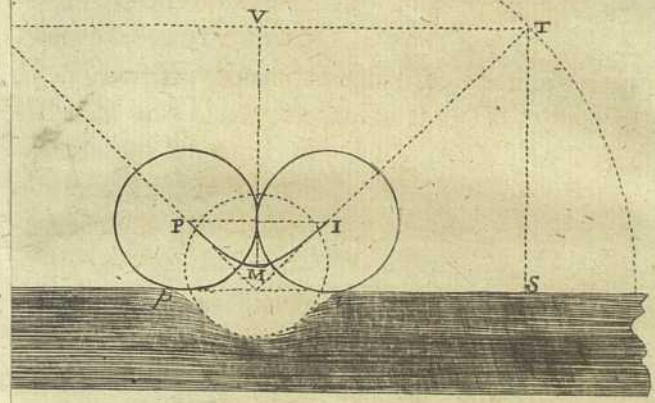
Aunque estas dos proposiciones no se puedan probar con experiencias rigorosas, por no conocer ningun cuerpo sólido, perfectamente elastico, ù que carezca de toda elasticidad; y por otro lado el peso del móbil, y la resistencia del ayre destruyen una parte de los efectos; no obstante, poniendo à la vista lo que sucede, con tal qual diferencia, se podrà inferir lo que debiera suceder. Tendrè gran cuidado de advertir en los hechos lo que à ellos no pertenece, y el resto nos mostrarà suficientemente lo que acabamos de enseñar.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA maquina de la *fig.* 11. se colocarà de forma, que la base asiente sobre un plano horizontal: AB es una cubeta de cerca de una

Fig. 10.



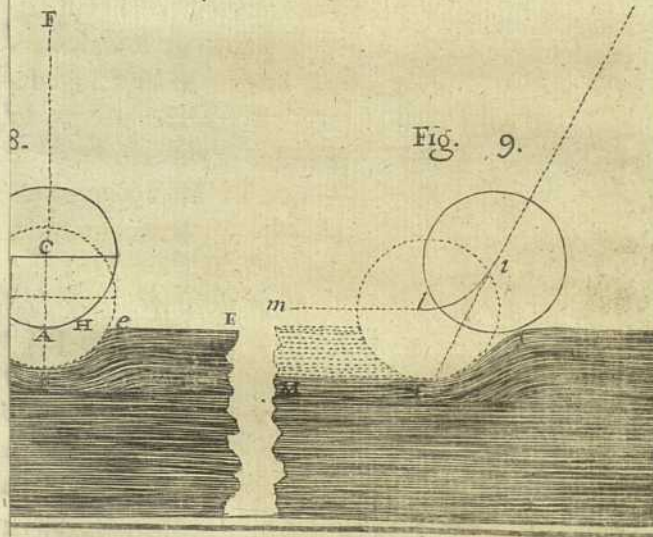


Fig. 10.

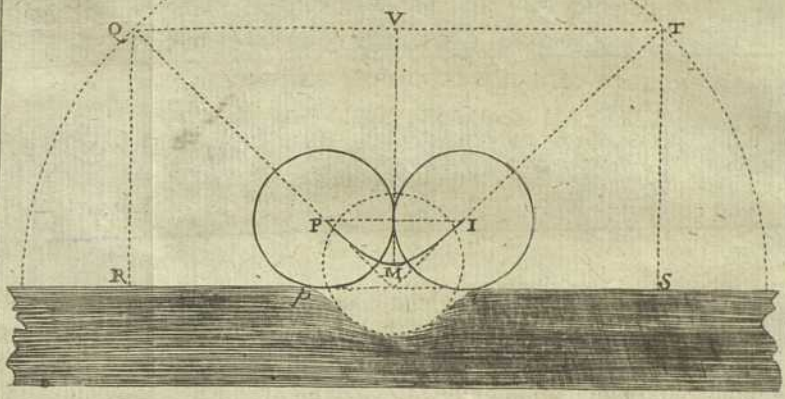


Fig. 8.

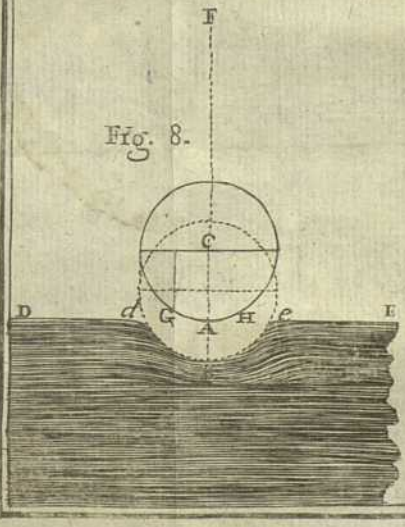
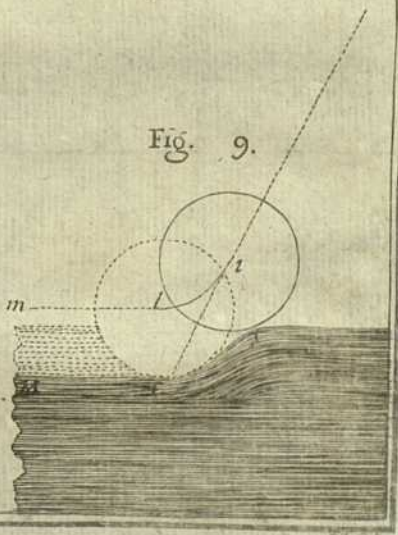


Fig. 9.



una pulgada de hondo: la qual ſe llena de barro, mezclado con arena fina: de modo, que ſin quedar muy viſcoſa, quede ſu mezcla muy flexible. La cubeta ſe puede mover ſobre una eſpiga, que eſtà en el punto A, y ſe puede inclinar como ſe quiſiere por medio de una grapa, y un tornillo, que eſtà en B. C es un cañoncito de cobre pueſto de firme en un anillo con un muelle, que corre por la mortaja abierta en el brazo de la maquina: y por el cañon ſe dexa caer una bala de plomo de calibre.

EFECTOS.

Al caer la bala de plomo por el cañutico C, ſe hace un hueco en el barro, y pierde todo ſu movimiento, yà cayga perpendicularmente ſobre la ſuperficie de la cubeta, yà éſta ſe preſente obliquamente à la caìda.

EXPLICACIONES.

Quando al caer la bala empezò à tocar la tierra, tenìa una cierta cantidad de movimiento: à expenſas de éſte muda de ſitio una porcion de la materia flexible. Con que la bola huvo de dexar ſu movimiento, luego que las partes, que encontrò quietas, y ſin direccion, fueron à parar tan lexos, como lo pedìa la cantidad del eſfuerzo; y no debiò pararſe antes, porque un

cuerpo, que se mueve, no puede dexar el movimiento, sino por la resistencia de un obstáculo igual al producto de su fuerza.

Quanto al efecto, que se ha de producir, lo mismo es absolutamente, que la bala cayga perpendicularmente sobre un plano inclinado al horizonte (como en una de las dos Experiencias precedentes) ò que venga à dàr por una linea obliqua contra un plano horizontal, como està en la *fig.* 12: y si el plano es flexible, y nada elastico, como lo suponemos, se ha de consumir en èl enteramente el movimiento de la bala, como en el caso precedente: porque la direccion obliqua no hace nada para lo que acabamos de decir de la caìda perpendicular: lo mas que podia causar, es una corta refraccion; de la qual no hacemos caso, por ser el hueco muy pequeño; pero de sì misma no tiene nada que pueda rechazar al móbil desde el plano que una vez tocò.

APLICACIONES.

Los cuerpos no elasticos, ò de una elasticidad imperfecta, son mejores que otros para romper los esfuerzos violentos; porque vàn retardando por grados la velocidad del móbil, y lo dexan del todo sin movimiento, cediendo mas al principio, que al fin. Para entender esto bien, se ha de notar, que no hay movimiento al-

alguno, por pronto que ſea, que no gaſte un tiempo finito; y aſsi, quando el cuerpo M, (*fig.* 13.) baxa por la linea D E, para dàr lugar à ſu hemiſpherio en la tierra blanda, aunque à nueſtros ſentidos parezca, que éſto ſe paſſa en un inſtante indiviſible; no obſtante hemos de concebir el tiempo, en que ſe hace el hueco, como dividido en muchos inſtantes iguales; en el qual tiempo gaſta el móbil ſu fuerza contra las partes que ceden. Pero eſta fuerza diſminuye à cada inſtante, y diſminuye por cantidades, que aumentan mucho mas que los tiempos; porque el numero de las reſiſtencias en el ſegundo inſtante es mucho mayor, que en el primero; pues hundido mas el hemiſpherio, preſenta una mayor ſuperficie à la tierra blanda, que ſe ha de comprimir; y las partes yà mas comprimidas ſe oponen mas à la mudanza de ſitio. Se pueden, pues, conſiderar los tres eſpacios D, F, E, como los productos de tres inſtantes iguales, en los quales el cuerpo M ha conſumido toda ſu velocidad, al deſcribir la linea D E.

Todos los obſtáculos, que ceden de eſta ſuerte, dividen el esfuerzo del móbil, y detienen poco à poco una potencia, que no dexarìa de forzarlos, ſi toda ſu accion ſe reunieſſe en un tiempo mas corto. Acaſo un tambor reſiſtiria à un ſolo golpe, cuya fuerza igualaſſe la ſuma de los que recibe en una hora? Una tabla de

encina detiene acaso à una bala de mosquete, quando para amortiguarla, basta un saco lleno de lana?

La misma razon hay para no quedar herido, quando un cuerpo duro cae sobre la mano, con tal, que ésta ceda un poco, y no se oponga firme contra el tal cuerpo. Quando se detiene un barco llevado de la corriente del rio, si no se tomára la precaucion de irle dando cuerda poco à poco, para vencer por grados el esfuerzo, no dexarìa de saltar la maroma.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA misma maquina sirve para esta Experiencia, que sirviò para la precedente, (*fig.* 11.) y en lugar de la cubeta llena de barro, se pone una tablita de marmol negro bien bruñida, y bañada de una muy ligera capa de aceyte; la bala que se dexa caer por el cañutico de cobre, es de marfil.

EFECTOS.

Dexada caer la bola de marfil perpendicularmente sobre el marmol, luego que toca al plano, vuelve à subir por la misma linea, que siguiò al caer; pero no llega al sitio, desde donde

de cayò; y ſobre la tablita queda una mancha redonda de cerca de una linea de diametro.

EXPLICACIONES.

Para explicar el hecho, que acabamos de citar, baſta lo que arriba ſe dixo al proponer la queſtion del movimiento reflexo. La mancha que queda en el marmol, prueba bien que en el choque huvo compreſsion de partes en uno de los dos cuerpos, y veriſimilmente en entrambos, como ſe moſtrò, tratando de la elaſticidad, *Lec.* 2. *Sec.* 2. Y hallando las ſuperficies, deſpues de hecha la experiencia, en el miſmo eſtado, en que eſtaban antes del contacto, no puede dudarſe, que reſtablecieron ſu ſitio; y yà hemos moſtrado, que ſi es perfecto eſte reſtablecimiento, ſerìa baſtante para dárle al móbil, en ſentido contrario, todo el movimiento, que havia gaſtado al ſeguir ſu primera direccion. Si eſte efecto no hà lugar, es à cauſa de la reſiſtencia del ayre, que ſe opone por una parte, y tampoco no falta razon para creer, que el marfil, y el marmol no ſe reſtablecen con la miſma velocidad, con que pudieron comprimirſe.

APLI-

APLICACIONES.

Un cuerpo elastico comprimido, y con libertad para volver à su primer estado, no llega à èl, sino despues de varios balances, que se llaman *vibraciones*; lo que se vè facilmente en una hojita de acero, en una cuerda de clave, en una rama de un arbol, &c, que se sueltan de golpe, despues de dobladas. Este movimiento, que lleva al cuerpo mas allà del sitio, en que ha de parar al fin, nace de que al restablecerse la parte comprimida, toma el mismo grado de velocidad, que recibiò en el primer instante del choque, y en un sentido contrario, como lo explicamos arriba. Tomemos por exemplo una cuerda de una tiorba, ò de un clave, (*fig.* 14.) estendida entre dos puntos fixos G, H; tirese contra ella un cuerpo sólido, con una cantidad de movimiento bastante para llevarla del punto I al punto K. Esta percussion alarga la cuerda; porque es evidente, que la suma de los dos trozos G K, y K H es mayor que G H. Si tiene libertad para tomar su sitio, su elasticidad llevarà el punto K hasta I, y entonces tendrà en la direccion I L una velocidad igual à la que le havia hecho tomar la percussion para llegar à K. Esta velocidad ha de tener su efecto: ella ha de transportar el punto I ácia L, hasta que haya suficientes resistencias para ha-

hacerla que páre. Pero ſi ſe mueve de eſta ſuerte el medio de la cuerda, ſe havràn de alargar por uno, y otro lado las partes, que la componen, y ſu reſiſtencia amortiguarà mas, y mas eſte movimiento: el qual ſe acabarà finalmente, quando quede conſumida toda la velocidad de la reaccion; y ſe vè, que ſi al venir la cuerda de K à I, tiene el miſmo grado de velocidad, que havia recibido en el choque para baxar al punto K, la linea I L llegarà à ſer igual à la linea I K. Si los reſortes fueran perfectos, y ſus vibraciones ſe hicieſſen en un intermedio no reſiſtente, eſtos movimientos ſerìan perpetuos. Porque, quando la cuerda, en virtud de ſu reaccion, llega al punto L, tiene el miſmo grado de tenſion, que tenìa, quando eſtaba comprimida en el punto K; y por conſiguiente tendrà la fuerza neceſſaria para volver à èl à la ſegunda vibracion. Lo miſmo ſe podrà decir de la tercera, y de infinitas otras; pero no ſiendo nunca completa la reaccion, por las razones dichas, la ſegunda vibracion ſe eſtiende menos que la primera, y la tercera menos que la ſegunda; y eſtas diminuciones finalmente dexan que la cuerda recobre ſu primer eſtado.

Tomè por exemplo una cuerda, para hacer mas ſenſible la explicacion; pero ſe ha de creer, que lo miſmo ſucede à todo cuerpo elaſtico, con la diferencia del mas al menos, ſegun la figura, y lo tieſo de ſus partes. Del miſmo mo-

do

do el parche del tambor, yà eſtà cóncavo, yà convexo alternativamente; y la bala de marfil, que cae ſobre un marmol, no recobra ſu figura eſpherica, ſino deſpues de haver ſido por algun tiempo una elypſoide, cuyo mayor diametro una vez es verticàl, y otra horizontàl. (*fig.* 15.)

Es digno de notarſe, que todas las vibraciones de un miſmo reſorte ſean iſocronas, eſto es, ſe hagan en tiempos iguales, yà ſean grandes, yà pequeñas: la prueba de eſto ſe puede vèr, quando ſe pone en movimiento la maquina de la *Leccion* 3. *fig.* 9. de que nos ſervimos para medir los frotamientos. Porque comparando las vibraciones del reſorte eſpiral con las oſcilaciones de un pendulo con ſegundos, ſe notarà faciliſsimamente, que la primera, y la trigeſima ſe hacen en tiempos ſenſiblemente iguales.

Es preciſo notar tambien, que los reſortes comprimidos ſe reſtablecen con tanta mayor velocidad, quanta fuè mayor la fuerza neceſſaria para comprimirlos: y aſsi, ſupueſtas dos hojas de acero igualmente elaſticas, ſi una es menos flexible que otra, harà las vibraciones menos eſtendidas, pero ſeràn mas frequentes, como lo moſtrarèmos en hablando del ſonido.

TER-

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

PAra esta Experiencia sirve la misma maquina de la *fig.* 11; pero en vez de dexar la tablita de marmol en su situacion horizontal, se inclina un poco como en la linea A D, y se acerca el cañoncito C en el encaxe, de modo, que responda directamente al punto E.

EFECTOS.

Si la bola de marfil cae sobre el marmol por la linea N E, và por E F à entrarse por una abertura hecha en la pieza G, tan ancha como el diametro de la bola; y se puede notar en la superficie del marmol una mancha, que no es perfectamente redonda, como en la Experiencia precedente, sino algo oblonga, y situada de modo, que su gran diametro se halla en el plano de reflexion.

EXPLICACIONES.

Quedan suficientemente explicadas las causas del movimiento reflexo, y por la experiencia se vè, que el angulo de reflexion A E F es casi igual al de su incidencia H E D. Menos obli-

gacion tengo de detenerme à probar la igualdad de estos angulos, que de dàr à entender, por què en el hecho el de reflexion no es rigorosamente semejante al otro. Tres causas concurren à hacerlo mas pequeño. Primero: La bola, que choca, y el plano que la rechaza, no tienen un resorte perfecto: luego la reaccion no es completa. Segundo: El ayre, que es preciso dividir para passar de E à F, retarda un poco la velocidad del móbil; con que éste se detiene en el camino mas de lo que debiera; y esta detencion dà lugar al progresso de una tercera causa. Porque lo tercero, el peso se exercita sobre la bola de marfil, mientras que ésta describe la linea E, F, y tira de ella de alto à baxo. Por esso en lugar de describir una linea recta rigorosa, llega à G por una curva, cuya extremidad està algo mas abaxo de la direccion de su movimiento reflexo.

Pero, aunque la igualdad de los angulos no aya lugar en el estado natural, entre los mismos obices se vè como una regla establecida en la naturaleza, y fundada en leyes generalmente reconocidas.

La manchita oblonga, que queda sobre el marmol despues del contacto, es una prueba de que la bola que choca obliquamente con un obstáculo, se hunde en èl por una linea curva, como diximos al principio, y que sale de este hueco por una linea semejante: y assi el grande

dia-

diametro de la mancha oblonga eſtà repreſentado en la linea *p i* (*fig.* 10.)

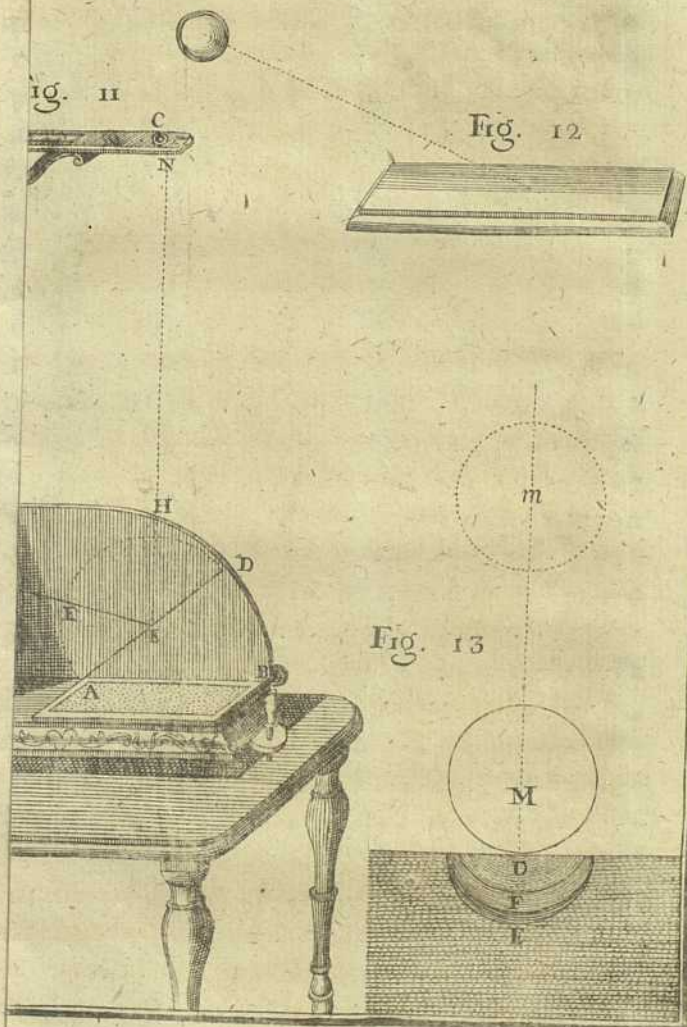
El juego del truco, y el de la pelota caſi enteramente ſe fundan en la regla, que acabamos de eſtablecer, y probar: en el uno ſe impele comunmente el mobil eſpherico contra un plano, dandole una direccion obliqua, ò perpendicular; en el otro al contrario ſe le preſenta al móbil el plano miſmo baxo diferentes grados de inclinacion; y lo principal conſiſte en ſaber apreciar el movimiento reflexo por el angulo de incidencia.

Quando una bala de cañon, diſparada horizontalmente, llega à caer en tierra, rebota varias veces, y dexa en el terreno varias ſeñales mas largas que profundas. La cauſa de éſto es, que la bala ſe hunde, y ſe levanta como la bola de nueſtra Experiencia, ſiguiendo dos lineas curvas, que ſe juntan en el ultimo grado del hueco, en donde nace la reflexion. Y ſiendo mucho menor ſu velocidad de alto à baxo, que ſu movimiento horizontàl, camina un largo trecho, en el miſmo tiempo que ſe hunde tan poco: y de aqui nace la diferencia que ſe nota en eſtas dos dimenſiones, quando ſe examinan las ſeñales, de que hablamos.

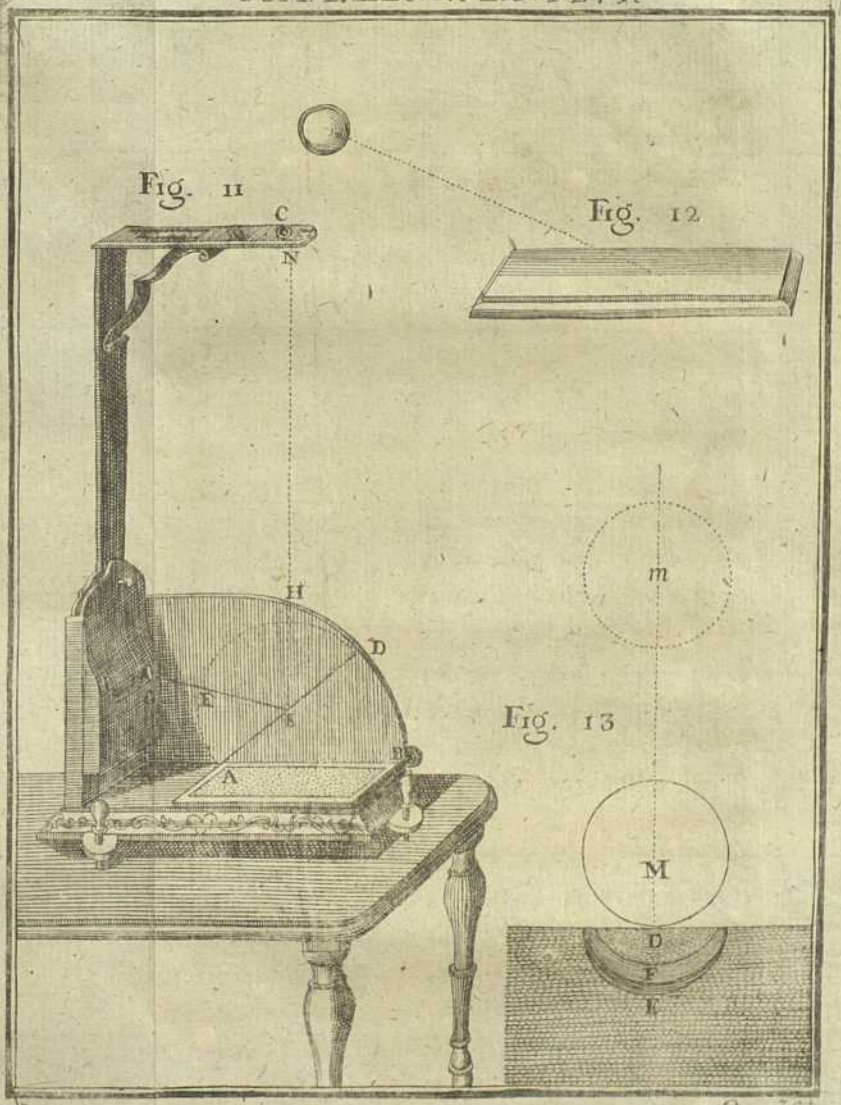
SECCION TERCERA.

DE LA COMUNICACION del movimiento en el choque de los cuerpos.

AUnque los obstáculos sólidos, que detienen, ò que rechazan à los cuerpos, que se mueven, no surtan sus efectos, sino en virtud del movimiento, que el móbil les comunica, y ésta comunicacion se efectùe segun las reglas, que hemos de establecer en esta Seccion; no obstante me ha parecido conveniente tratar à parte de esta accion de los cuerpos, considerandola precisamente en el caso, en que la massa chocada dexa percebir algunas señales de la percussion, que sufre, mudando de sitio sensiblemente todo su volumen: esto es, que despues de haver dicho el efecto que resulta en el móbil, yà respecto de su velocidad, yà respecto de su direccion, supuesto un obstáculo immobil, ò considerado como tal; examinarèmos ahora las mudanzas que puede haver en una, y otra (la velocidad, y la direccion) si el obstáculo puede mudar, ò efectivamente muda de sitio, despues del choque.



Gonif.t



Gouf

Y para proceder del mas ſimple al mas compueſto, primero conſiderarèmos la percuſsion en los cuerpos blandos, en quienes la reaccion no ſurte efecto, y deſpues paſſarèmos al choque de los cuerpos elaſticos.

Para hacer nueſtra theorica mas ſimple, y mas facil de comprehender, ſuponemos ſiempre: Lo primero, que los cuerpos, que ſe chocan, ò ſon perfectamente elaſticos, ò carecen de toda elaſticidad. Lo ſegundo, que el movimiento ſe hace en un intermedio ſin reſiſtencia, y ſin frotamiento; de modo, que ſerìa falſa la doctrina, que vàmos à dàr, ſi la experiencia repreſentaſſe los hechos tan exactos, como dicha doctrina los profiere: porque los impedimentos, de que hacemos abſtraccion, éntran neceſſariamente como parte del reſultado. De eſte modo ſolo paſſaràn por juſtas nueſtras pruebas, quando parezca que hacen menos de lo que prometen. Si, por exemplo, el cuerpo A, viniendo à chocar al cuerpo B, (*fig.* 16) hiciera en èl toda la impreſsion, que puede en virtud del movimiento adquirido al partir del punto *a*, hiciera mas de lo que puede; pues huviera yà vencido los frotamientos, la reſiſtencia del intermedio, &c. Con que en el cuerpo B, ſu ultimo obſtáculo, ſolo exercitarà la fuerza que le quedáre, deſpues de vencidos los otros; y ſi no ſe tuviere cuenta con lo que perdiere para vencerlos, no debe eſperarſe un efecto com-

ple-

pleto, quando el choque se haga en el punto *b*.

Aqui solo hablarèmos del choque directo; esto es, del choque de dos cuerpos, que tengan sus centros de gravedad en la direccion de sus movimientos, como en la *fig.* 16. y para que la execucion sea mas facil, harèmos nuestras experiencias con cuerpos esphericos; los tendrèmos colgados de unos hilos muy sueltos, (*fig.* 20.) para disminuir todo lo possible los frotamientos, y la resistencia del ayre. Y como varias veces tendrèmos necessidad de saber el grado de velocidad de estos glóbulos, los tendrèmos suspendidos de un punto fixo, al rededor del qual puedan describir arcos de circulos, que se mediràn por sus graduaciones, (*fig.* 21.) Lo que despues dirèmos, en tratando de la pesadèz, darà à conocer el modo, con que se puede reglar la velocidad de los cuerpos, por el tamaño de los arcos, que describen. Este medio ha salido bien à varios Physicos muy habiles, que lo han practicado, y sobre todo à Mr. Mariotte. La maquina, de que yo me sirvo, (*fig.* 17.) es la suya; solo con la diferencia de haverla puesto mas cómoda, y de haverle dado un uso mas extenso.

Antes que dos cuerpos se choquen, tienen que passar el espacio que hay de uno à otro, y el tal espacio, ò lo ha de passar uno solo, ò entre los dos; pues de otro modo no huviera choque al-

alguno. Este espacio, pues, no puede andarse sino en un cierto tiempo, por cuya duracion se mide la velocidad *respectiva* de estos dos cuerpos: esto es, la velocidad con que disminuye la distancia, yà se estè quieto el uno, ù yà se muevan ambos, con la misma, ò con contrarias direcciones, con igual, ò desigual velocidad. De suerte, que si dos cuerpos A, B, (*fig.* 16.) à quatro pies de distancia, llegassen à juntarse en un segundo de tiempo, la velocidad respectiva es la misma, yà sea que B solo anda el tal espacio, yà sea que encuentre à A en el camino al segundo, ò tercero pie, &c: con tal, que se passe en un segundo el movimiento, con que llegan à juntarse. Cuidado con no confundir la velocidad *respectiva* con la *absoluta*, ò propria de cada móbil; porque en este exemplo se vè, que puede variar ésta, sin que varìe la otra.

Dada la velocidad respectiva, aún queda que considerar la massa; porque el cuerpo chocado opone su inercia al cuerpo chocante; y yà hemos visto, que esta especie de resistencia se mide por la cantidad de la materia contenida, y ligada baxo el mismo volumen. Con que en el choque recibe mas velocidad una massa mayor, que la que recibe una menor: y para imprimir mas movimiento à un mismo cuerpo, serà preciso tambien darle mas al móbil que lo ha de comunicar; porque la inercia resiste, no solo al movimiento simplemente, sino

tam-

tambien à un movimiento mayor, como probamos en otra parte.

Quando hablamos del movimiento en general, nos dispensamos de examinar la naturaleza de esta especie de ente, ò de modificacion; porque esta suerte de questiones mas bien pertenece à la Metaphysica, que à la Physica Experimental. Esta misma razon nos dispensa tambien de detenernos à explicar el modo con que la velocidad se comunica de un cuerpo à otro. Solo me ceñirè à los hechos, de que puede dudarse; y proponiendo los casos mas generales, fundarè, por via de experiencia, varias proposiciones, que podràn mirarse como principios, ò leyes, à las quales se podràn referir otros efectos mas en particular, como otras tantas consequencias.

ARTICULO PRIMERO.

DEL CHOQUE DE LOS CUERPOS no elasticos.

PRIMERA PROPOSICION.

QUando un cuerpo choca à otro que no se mueve, la velocidad de aquel se ha de repartir entre los dos à proporcion de las massas.

Es

Es decir, que los dos cuerpos continuaràn moviendose despues del choque, segun la direccion del cuerpo chocante; y que haviendose disminuido la velocidad de éste por la resistencia del otro, el resto (que serà comun à entrambos) serà tanto menor, quanto fuere mayor la massa del cuerpo que recibiò el choque.

De modo, que si la massa del cuerpo, que choca, es igual à la del otro, que se està quieto, la velocidad quedarà reducida à la mitad, despues del choque.

Si el cuerpo chocante es doble, respecto del otro, quedaràn dos tercios de la velocidad.

Si es doble en massa el que recibe el choque, solo quedarà el tercio de la velocidad. Pongamos en experiencia estos tres casos.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

DIspuesta la maquina de la *fig.* 17. de modo, que el aplomo quede paralelo à la linea A B; que los dos hilos de suspension C D, E F sostengan en una misma linea, y à la misma altura los centros de dos bolas de tierra blanda, de dos onzas de peso cada una, y de modo, que estandose quietas, se toquen en un

punto sus superficies; que la primera graduacion de cada una de las reglas mobibles G, H, cayga enfrente de cada uno de los hilos; y que finalmente el cursor, ò indiculo L, se ponga un poco antes de la tercera graduacion de la regla G, y que el otro indiculo M estè frente de la sexta graduacion de la otra regla H;

EFECTOS.

Puesta en M la bola F, y dexandola caer de su proprio peso, và à chocar à la otra bola D; una, y otra se aplastan igualmente en el sitio del contacto; y despues del choque siguen ambas un mismo rumbo, y el hilo en que està colgada la bola D, và à tocar el indiculo L.

EXPLICACIONES.

Si al caer la bola F por un arco de seis graduaciones, no encontrára ningun impedimento en el camino, describirìa sin duda en el lado opuesto un arco semejante al primero. Lo que puede probarse, quitando de enmedio la bola D. Quando expliquèmos los phenomenos de la *gravedad*, darèmos la razon de lo dicho. Y asi viniendo la bola del punto M, al llegar à F, tiene un movimiento tal, que puede levantar su massa de dos onzas por un arco de seis graduaciones. Pero la fuerza que puede transpor-

portar una maſſa de dos onzas à ſeis grados de diſtancia en un tiempo determinado, no puede llevar una maſſa doble en el miſmo tiempo, ſino haſta la mitad de eſta diſtancia. Ahora pues: quando la bola F encuentra à la bola D, que no le permite paſſar adelante, ni llevarla conſigo; entonces la velocidad de ſeis grados queda aplicada à una maſſa de quatro onzas: y una, y otra juntas han de dexar de moverſe, luego que hayan andado ſolamente tres graduaciones, como lo mueſtra la experiencia.

Al chocarſe las bolas, ſe aplaſtan una, y otra; y en el caſo preſente, la ſeñal del golpe es igual: eſtos dos hechos ſon no menos dignos de obſervarſe que de explicarſe.

Yà hemos dicho, que en la naturaleza nada ſe hace con preciſion, y como por ſalto: y que los hechos mas prontos, y que nos parecen inſtantaneos, jamàs ſe producen ſino en un tiempo limitado: eſto es, en un tiempo, que dura mas de lo que puede imaginarſe. Quando comienzan à tocarſe las dos bolas, han perdido parte de ſu velocidad las partes mas avanzadas de la bola que choca, aun quando el centro, y las otras partes conſervan la ſuya: con que ſolo paſſados yà algunos inſtantes (muy cortos à la verdad) podrà haver una velocidad igual retardada en todas las partes de la maſſa. Pero ſi unas partes de un miſmo cuerpo, ſe mueven mas apriesſa que otras, havrà de va-

riarse su posicion respectiva, ò su figura (que es lo mismo). El aplancharse, pues, la bola F, es un efecto de haverse retardado succesivamente su velocidad en diversos tiempos.

Lo mismo se ha de decir de la bola, que recibe el choque; esta no passa toda, en un mismo instante, del estado de quietud à tres grados de velocidad: las partes expuestas immediatamente al choque se mueven antes, y con mas velocidad, que el centro, y hemispherio, que estàn del otro lado: y estas mudanzas succesivas ocasionan una introcession de materia, que varìa la figura.

Esta introcession de materia en una, y otra bola, nace de la inercia, que se opone à la mudanza de estado de cada una: y esta inercia es igual à la massa: de modo, que en el choque de dos cuerpos de igual peso, y de la misma materia, las señales del golpe han de ser iguales en entrambos.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA bola D serà de 4 onzas, y la bola F de dos: estando la primera quieta, se le imprimen à la otra seis grados da velocidad, dexando lo demàs como en la Experiencia passada.

EFEC-

14.

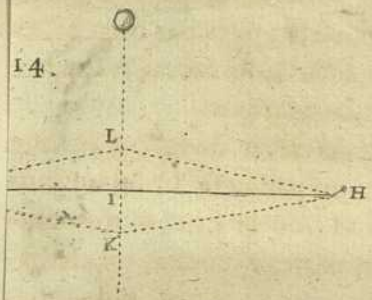


Fig. 15.

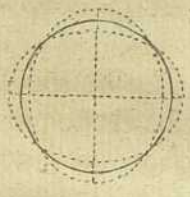


Fig. 16.

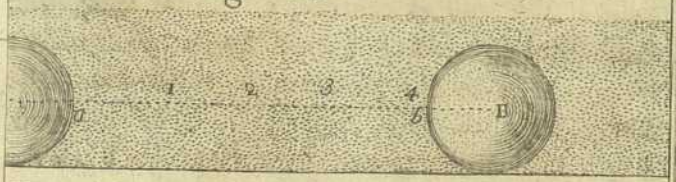


Fig. 18.

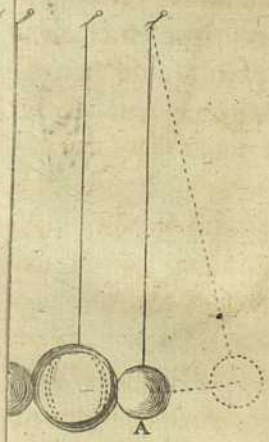


Fig. 19.

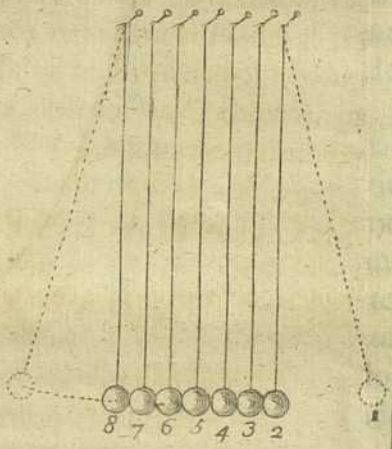


Fig. 14.

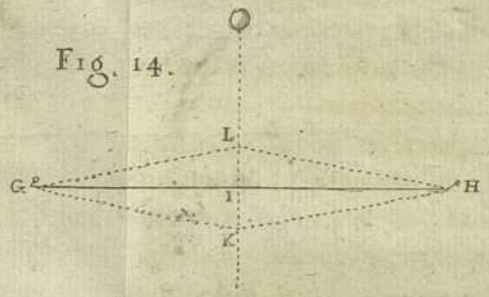


Fig. 15.

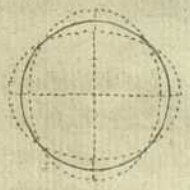


Fig. 16.

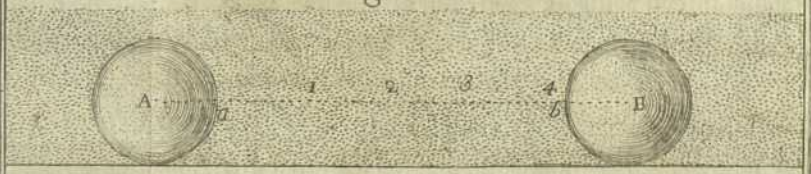


Fig. 18.

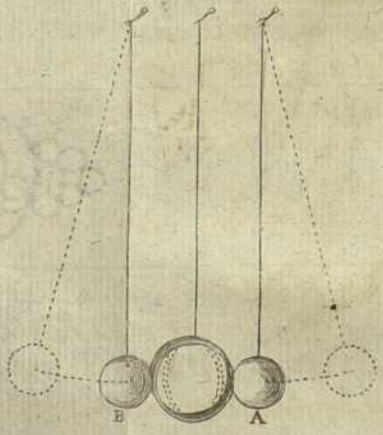
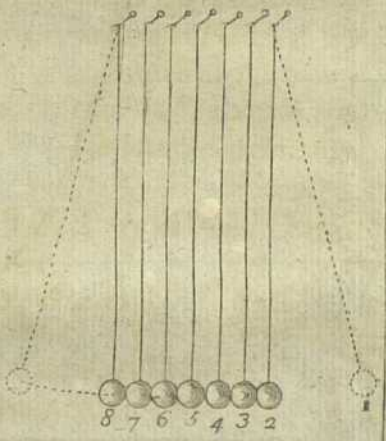


Fig. 19.



EFECTOS.

Despues del choque, describen las dos bolas juntas, sin dexar de tocarse, un arco de dos graduaciones; y la señal es mayor en una, y otra, que en el caso precedente.

EXPLICACIONES.

Al baxar de seis graduaciones la bola F, recibe seis grados de velocidad; esto es, puede llevar su proprio peso hasta llegar à otras seis graduaciones por la parte contraria. Pero haviendose éste aumentado de dos tercios, por el encuentro de la bola D, que se lleva consigo, su fuerza solo bastarà para hacer un tercio del camino que huviera hecho, si no huviesse encontrado algun impedimento.

Por lo que mira à la señal, serà tanto mayor, quanto mas tiempo resista à mudar de sitio el cuerpo que recibe el choque: porque como hemos dicho, la resistencia es la que interrumpe la uniformidad de la velocidad en las partes de cada bola; es asi, que en el caso presente, la bola D resiste al doble que una bola de dos onzas: luego ha havido lugar para que se hunda un mayor numero de partes.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN esta Experiencia se procede como en las otras dos; con sola la diferencia, que la bola D, que se està quieta, tiene dos onzas de massa, y la bola F quatro. A ésta se le dàn seis grados de velocidad.

EFECTOS.

Las dos bolas unidas despues del choque, describen quatro graduaciones, y las señales son menores que en los dos casos precedentes.

EXPLICACION.

Para dàr razon de esta Experiencia basta lo dicho en las dos, que acabamos de proponer. Siempre se han de considerar las dos bolas despues del choque, como si no compusiessen mas que una massa; y se ha de reparar tambien, que 6 grados de fuerza, capaces de llevar una massa de 4 onzas à la distancia de 6 graduaciones, no pueden llevar tan lexos una massa de 6 onzas. Si la resistencia de 4 onzas bastaba para consumir toda la fuerza, corrido yà el tal espacio; au-

aumentandose de un tercio el peso, disminuirà tambien de un tercio el espacio: y por consiguiente en lugar de seis graduaciones, à que debiera llegar la bola F, estando sola, y sin obstáculo, no llegarà mas que à 4 juntandose à la bola D, à quien le comunicaba el movimiento.

Pero resistiendo la bola D, con dos onzas de peso menos que quando tenìa 4, ù 3, dexa tambien menos tiempo, para que se hundan sus partes; y reciprocamente detiene menos las partes anteriores de la bola F. Porque se concibe facilmente, que si tomasse de una vez, y en un instante indivisible toda la velocidad, que se le ha de comunicar, no quedára la menor señal en ninguna de las dos bolas; puesto que la bola D, desde el instante mismo del contacto, irìa delante de la bola F, con una velocidad igual à la del cuerpo que choca; lo qual la libraria de su accion.

APLICACIONES.

Supuesto que en el choque, en que uno de los cuerpos no se mueve, la velocidad del cuerpo, que dà el golpe, disminuye à proporcion de la massa del cuerpo, que lo recibe; hemos de sacar esta consequencia; que el movimiento serà insensible despues del choque, si el cuerpo que lo recibe es infinitamente mayor que el que lo impri-

prime. Y por esso sin duda parece, que una bala de cañon pierde todo su movimiento quando se dispara contra un baluarte, ò contra un torreòn; porque tanta proporcion hay entre la velocidad que le queda, y entre la que comunica, como entre su massa, y la del obstáculo; esto es, como entre una cantidad infinitamente pequeña, y otra cantidad infinitamente grande.

Siguiendo este principio, dicen algunos, que de la percussion del cuerpo mas pequeño resulta en la mayor massa alguna mudanza, (aunque infinitamente corta). Pero yo no vèo obligacion ninguna de admitir esta proposicion, como una consequencia forzosa de la ley, que acabamos de establecer; sino es que el cuerpo chocado se suponga absolutamente inflexible: pues de otra suerte, siendo tan grande, como puede imaginarse, resistirà bastante tiempo para consumir toda la velocidad sensible del móbil, por la introcessión de las partes, que resulta del choque.

Las experiencias, que acabamos de citar, nos enseñan tambien en general la razon de que todos los cuerpos se rompan, y pierdan su figura mas presto, quando los obstáculos que encuentran son immobibles, que quando son mobibles. Una chalupa se abre contra una roca; pero si choca contra otra chalupa sin movimiento, no padece tanto daño. La razon es clara: pues no cediendo la roca sino poco, ò nada al movimien-

miento de la embarcacion, las partes de ésta, que comienzan el choque, pierden toda su velocidad, y las otras conservan aùn toda la suya. La figura, pues, se muda; las piezas se violentan, y se rompen, si el choque es fuerte; y al contrario, si la embarcacion choca contra un cuerpo que náda sobre el agua, y que obedece al impulso, no se detienen enteramente las partes expuestas al choque, y à las otras con poca diferencia sucede lo mismo.

Los Artifices, que usan de martillo en su trabajo, dicen, que el golpe dà en falso, quando la pieza, que trabajan, se les escapa, yà sea por estàr mal sostenida, yà por dirigir mal el instrumento. El Herrero se quexa con razon, quando su ayunque es muy ligero, ò està puesto en un sitio poco sólido; porque entonces, cediendo el hierro con su punto de apoyo, no surte el golpe todo su efecto, como sucediera si el ayunque, menos mobible, mantuviesse firme el lado del hierro que cae sobre èl, mientras el martillo cae sobre el otro.

El juego del mallo tiene tanta afinidad con nuestra primera proposicion sobre el choque de los cuerpos, y con las experiencias hechas para probarla, que serìa inutil la aplicacion. Por poca atencion que se ponga, se veràn presto los principios, en que se fundan las proporciones que ha de haver entre la massa del mallo, y de la bola; el modo con que aquel, por medio de un

mango muy largo, recibe del jugador una gran velocidad; por què, y en què proporcion se comunica una parte de esta velocidad à la bola, &c.

SEGUNDA PROPOSICION.

QVando llegan à encontrarse dos cuerpos, que se mueven ácia un mismo sitio, con velocidades desiguales, sean iguales, ò no sus massas, continùan moviendose juntos, y en la primera direccion, con una velocidad comun, menor que la del cuerpo que choca; pero mayor que la del cuerpo chocado, antes de la percussion.

Una vez que se supone, que los dos cuerpos siguen una misma direccion; para que haya choque, es preciso, que el que và delante no vaya tan aprisa como el otro; porque si ambos fueran con la misma velocidad, nunca llegarìan à encontrarse, y por consiguiente no se chocarìan. Quando el cuerpo, que và mas aprisa, encuentra al otro, que và mas espacio, la lentitud de éste sirve de impedimento al otro; pero este impedimento es mobible, y por lo tanto ha de repartir el excesso de la velocidad del cuerpo chocante, à proporcion de su massa, como se dixo arriba. Las Experiencias, que se siguen, daràn à conocer la proporcion, con que se retarda la velocidad del uno, y se acelèra la del otro.

PRI-

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LAS bolas D, y F seràn de dos onzas de peso, y se dexarà caer al mismo tiempo, una por un arco de seis graduaciones, y otra por un arco de 3, tomados en una misma regla.

EFECTOS.

Las dos bolas se juntan en los puntos, en que sus hilos de suspension llegan á ponerse perpendiculares al horizonte. Una, y otra se aplastan un poquito, y despues continùan moviendose ácia un mismo sitio, y suben por un arco de 4 graduaciones y media.

EXPLICACIONES.

Teniendo la bola F 6 grados de velocidad propria contra 3, llega à la bola D con una velocidad respectiva; esto es, con tres grados, que es el excesso de 6 sobre 3. En otra parte dirèmos, por què, haciendose el movimiento en los arcos del mismo circulo, aunque desiguales, no se tocan las bolas, sino en el sitio mas baxo de su caìda.

Las señales, que quedan en las partes, que

ſe tocan en el choque, han de ſer proporcionadas à la velocidad reſpectiva, que es menor que la abſoluta, ò propria de la bola que choca en el caſo preſente, en que la bola chocada, que ſigue la miſma direccion, ſe libra, en parte, de ſu esfuerzo.

En fin, las dos bolas ſuben al miſmo tiempo por un arco de 4 graduaciones y $\frac{1}{2}$. Eſto es, la velocidad comun, comparada con la de la bola F antes del choque, ſe halla diſminuida de $\frac{1}{4}$; y eſto era lo que ſe havia de eſperar: porque teniendo el cuerpo chocante 6 grados de velocidad, y encontrando un otro igual en maſſa, pero con ſolos 3 grados, havrà de perder lo preciſo para poner al otro en eſtado de caminar tan apriſa como èl: ahora pues: la igualdad de las maſſas pide, que ſe le dè grado y medio de velocidad, que es la mitad de 3; diferencia de las dos velocidades antes del choque: y ſi de ſeis ſe quita uno y medio, y eſte uno y $\frac{1}{2}$ ſe añade à 3, quedarà cada una con quatro grados y medio.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ESta Experiencia ſe hace como la paſſada; con eſta diferencia, que la bola D peſa 4 onzas, y la bola F dos: quedan-

dandose las velocidades en la proporcion de 3 à 6.

EFECTOS.

Despues del choque continùan móviendose juntas las dos bolas; las señales son mayores que en la Experiencia precedente, y el arco, que describen, es de 4 graduaciones.

EXPLICACION.

Lo que se ha dicho para explicar la Experiencia precedente, basta para entender esta segunda. Solo falta la aplicacion de las mismas razones, guardando siempre las proporciones mismas. El excesso de velocidad en la bola F antes del choque, era 3, el qual excesso ha de disminuir de dos tercios por la resistencia de la bola D, doble en massa: y assi despues del choque solo havràn de quedar 4 grados de velocidad; pues de 6 que hay en el cuerpo chocante, solo se pierden 2 por la accion, que hace uniforme la velocidad en las dos bolas.

Las señales del golpe son mayores que en la Experiencia passada, por ser mayor la resistencia del cuerpo que recibe el choque. Lo qual se conocerà desde luego, si se repara que la bola D, siendo de 4 onzas, ha consumido un tercio de la velocidad de F, y al contrario en la otra Experiencia solo consumiò $\frac{1}{4}$, teniendo no mas de 2 onzas.

TER-

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A La bola D se le dàn 2 onzas de massa, y 4 à la bola F; poniendo las velocidades en la proporcion de 6 à 3.

EFECTOS.

La bola F se lleva consigo à la bola D, despues del choque; y juntas describen un arco de 5 graduaciones; las señales son menores que en las Experiencias passadas.

EXPLICACIONES.

Partiendo la bola F sus tres grados de excesso con una massa la mitad menor que la suya, se quedarà con $\frac{2}{3}$. Las dos massas juntas despues del choque, havràn de representar 6 grados de velocidad, menos uno, que quita la resistencia del cuerpo chocado al cuerpo chocante, antes de tomar un movimiento uniforme.

Las señales son menores que en los casos precedentes, por ser menor la resistencia de la bola D; porque 2 onzas de massa resisten menos à 4 onzas, que no 4 à 2, ù 2 à 2; estando siem-

ſiempre las velocidades en la miſma proporcion.

APLICACIONES.

Por las Experiencias de la ſegunda propoſicion ſe vè facilmente, que deſpues del choque de dos cuerpos, que ſe mueven con la miſma direccion, pero con diverſas velocidades, las proprias de cada uno ſe mudan de mayor en menor, y de menor en mayor, para quedar uniformes: pues ſiempre ſe ha viſto aumentar la del cuerpo D, y al contrario la del cuerpo F ha quedado ſiempre diſminuida. Aſsi ſucede con una embarcacion, que obedece al impulſo de los remos. Recibe ſin duda algun aumento de velocidad, pero retarda la de un volumen de ayre agitado, ſiguiendo ſu direccion favorable; y aunquè no vaya tan ligera como el viento, no obſtante, ſu movimiento es mucho mas pronto, que ſi ſolo fueſſe à fuerza de remos.

Ni el vuelo mas rápido, ni la mas ligera carrera, impiden el efecto del plomo, aunque la pieza huya por delante del cazador, ſiguiendo la miſma direccion del tiro: pero éſte, à igual diſtancia, no es tan ſeguro, como ſi la caza ſe eſtuviera quieta, ò vinieſſe à encontrarſe con el tirador. Y todos ſaben, que con mas facilidad ſe detiene una liebre, un corzo, &c,

ti-

tirado cara à cara, que no quando và huyendo por delante. Una de las razones, que pueden darse, es, que entonces es mayor la velocidad respectiva del plomo; porque la pieza se mueve, siguiendo una direccion, que la aparta poco, ò nada de los puntos, y que en tal caso està como fixa. Por las Experiencias de la primera proposicion vìmos, que el choque es mas fuerte en tales circunstancias.

TERCERA PROPOSICION.

SI los dos cuerpos, que han de chocar, se mueven en sentido directamente opuesto, perecerà el movimiento en uno, y otro, ù à lo menos en uno de ellos; si queda algun movimiento despues del choque, seguiràn los dos cuerpos una misma direccion; y la cantidad de su movimiento comun serà igual al excesso del uno de ellos, antes de encontrarse.

Es decir, que si los dos movimientos eran iguales antes del choque, se pararàn uno, y otro cuerpo. Y si antes de encontrarse era mayor el uno de ellos, solo quedarà despues de la percussion la cantidad del excesso, la qual serà el movimiento comun de los dos cuerpos. Con dos Experiencias, quedarà la proposicion evidenciada.

PRI-

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SUpuesto que cada una de las dos bolas D, y F pese dos onzas, se dexaràn caer al mismo tiempo, dandoles à cada una seis graduaciones opuestas en direccion.

EFECTOS.

Los dos cuerpos llegan à encontrarse en el punto mas baxo de la caìda, en donde se quedan quietos. Las señales del golpe son mayores, que quando la bola F desde una altura semejante caìa sobre la bola D, que estaba quieta, ò iba por delante.

En esta Experiencia es igual la cantidad de movimiento de una, y otra parte. Porque en una, y otra bola antes del choque tenemos seis grados de velocidad, multiplicados por dos onzas de massa. Dos cuerpos, que se encuentran viniendo en sentido contrario, se resisten mutuamente: en el presente caso la fuerza, ò potencia se contiene en equilibrio por una resistencia igual; y de este equilibrio nace, que los dos móbiles suspendan el movimiento.

Las señales del choque son mayores, que en las Experiencias de las dos primeras proposi-

ciones, en que hemos dado siempre 6 grados de velocidad al cuerpo chocante: pero reparese, que en esta es doble, ò mas que doble la velocidad respectiva, de que depende la fuerza del choque. Porque quando la bola D se estaba quieta antes de la percussion, la velocidad respectiva de la bola F, no era mas que su velocidad propria, esto es, 6; ò menos de 6, quando la bola D iba delante: ahora, teniendo cada bola 6 grados de velocidad propria, al ir una contra otra, la velocidad respectiva es 12; esto es, el espacio, que las divide, se anda en la mitad del tiempo.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

HAganse mover las bolas una contra otra, como en la Experiencia precedente, poniendo las cantidades de sus movimientos en la proporcion de 12 à 24; lo que se harà doblando la massa, ò la velocidad de F.

EFECTOS.

Si el movimiento se ha doblado por la massa, continùan las bolas moviendose despues del choque en la direccion de F, con dos grados de velocidad; y si se ha doblado por la velocidad, proseguiràn con tres grados.

EX-

EXPLICACIONES.

Si los 24 grados de movimiento de la bola F vienen de 4 onzas de maſſa, y 6 grados de velocidad; quando llegue à encontrar à la bola D, que trae 12 grados de movimiento, que es el producto de 2 onzas de maſſa por ſeis de velocidad, opone para detenerla (y eſto baſta) ſu doble maſſa, y la mitad de ſu velocidad; porque 3 de velocidad, multiplicados por 4 de maſſa, igualan todo el movimiento de la bola D, que es 12 grados. Con que à la bola F le quedan tres grados de velocidad, con los quales continùa impeliendo à la bola D, que ſe conſidera como quieta immediatamente deſpues del contacto. Pero la bola F no puede comunicar movimiento alguno à un cuerpo, que ſe eſtà quieto, ſino à expenſas de ſu velocidad; y yà ſe ha viſto, que la comunicacion ſe hace à proporcion de las maſſas. Como la bola D no tiene mas de dos onzas de maſſa contra 4, la bola F no pierde mas que el tercio de la velocidad, que le queda: y aſsi, deſpues del choque quedan ſolos dos grados de velocidad para dos maſſas, que juntas componen 6 onzas.

Se nota, pues, lo primero: que el movimiento que queda deſpues del choque, es igual à la diferencia de las dos cantidades antes de la percuſsion: porque 12 es el exceſſo de 24 haſta

12. Lo segundo: que esta diferencia, dividida por la suma de las massas, dà por quociente la velocidad comun despues del choque; porque 12, dividido por 6 (que es la suma de dos, y de 4 onzas), dà 2 de velocidad, como se ha visto por la experiencia.

Lo mismo se viera, si se huviera doblado el movimiento de la bola, duplicandole la velocidad propria. Porque en tal caso, para detener la bola D, que se supone con 12 grados de movimiento, y con la massa igual à la de B, ésta perderìa 6 grados de velocidad: y para llevar à la otra consigo, era preciso, que, de 6 que le quedan, le diesse 3: con que despues del choque quedarìan tres grados de velocidad comun à 4 onzas de massa (suma de las dos bolas) y por consiguiente la cantidad del movimiento serìa siempre 12, que es la diferencia de 24 à 12.

APLICACIONES.

Estas ultimas experiencias muestran en general, por què razon se necessitan mas fuerzas para rechazar un móbil contra la direccion de su movimiento, que no para detenerlo simplemente. Porque no solo se necessita una fuerza equivalente à la suya para vencer su primer movimiento; sino que se ha de añadir toda la necessaria, para imprimirle otro. Por esso se hace

mas

mas fuerza para hacer retroceder una bola, que rueda ſobre un plano, que no para pararla, oponiendoſele al paſſo. Pero al miſmo tiempo ſe ha viſto, que el esfuerzo de un móbil, que viene contra otro, puede aumentarſe, ò por la maſſa, ò por la velocidad: con que no hay que admirarſe, que los jugadores de pelota, hallen tal vez muy ligera la pala, ù la raqueta; porque ſupueſto el golpe dado con la miſma velocidad, ſi la maſſa que lo imprime es mas débil, ſerà menor el efecto.

COROLARIO.

DE las dos primeras propoſiciones, y de las Experiencias, que las prueban, ſe infiere lo primero: que quando los movimientos no ſe oponen reciprocamente, las dòs maſſas juntas deſpues del choque repreſentan la miſma cantidad de movimiento, que ſubſiſtìa en una de ellas, ò en ambas antes del contacto. Tomèmos por exemplo la primera Experiencia de la primera Propoſicion.

Antes del choque, todo el movimiento eſtaba en la bola F, y ſu cantidad era 12, que es el producto de 4 onzas de maſſa por 3 grados de velocidad. Eſte calculo puede aplicarſe facilmente à las otras Experiencias; y el reſultado ſerà ſiempre el miſmo.

De eſta primera conſequencia ſe infiere otra:

y es, que, conociendo la velocidad comun despues del choque, se puede conocer quál es la suma de las dos massas: y reciprocamente por la suma de las massas se sacarà la velocidad comun. Sirva de exemplo la primera Experiencia de la segunda Proposicion.

La suma de los movimientos antes del choque era 18, à saber, 12 (producto de 2 onzas por 6 de velocidad), y 6 (producto de 3 de velocidad por 2 onzas): segun la primera consequencia, las dos massas juntas despues del choque han de representar una cantidad de movimiento igual à 18. Sabiendo que la massa total es de 4 onzas, divido 18 (cantidad de movimiento) por 4 (suma de las massas) y tengo por quociente $4\frac{1}{2}$, que es la velocidad comun.

De la misma suerte, sabiendo que la velocidad comun es $4\frac{1}{2}$, se sabe que la suma de las massas es 4, dividiendo 18 por $4\frac{1}{2}$.

En fin, por la tercera Proposicion se sabe lo primero, que quando los cuerpos se chocan en sentidos contrarios, se destruye una parte del movimiento. Lo segundo, que se pueden inferir las velocidades proprias antes del choque, por la velocidad comun despues de èl, y por la proporcion de las massas.

AR-

ARTICULO SEGUNDO.

DEL CHOQUE DE LOS CUERPOS elasticos.

DOS efectos principales se han observado en todas las experiencias hechas para prueba de las proposiciones establecidas sobre el choque de los cuerpos no elasticos. El primero, la comunicacion del movimiento del cuerpo, que choca, al cuerpo, que recibe el choque; y el segundo, la mudanza de figura, ò la señal del golpe en uno, y otro cuerpo, en la parte del contacto. Estos dos efectos tienen una causa comun; es à saber, la percussion. Por esta accion se comunica la velocidad, y se distribuye uniformemente entre las dos massas; pero mientras se hace esta reparticion entre los dos cuerpos, se mudan las figuras; y las señales que quedan, dependen principalmente de la resistencia mas, ò menos durable del cuerpo chocado. Por esto, aun quando la velocidad respectiva fuesse siempre la misma, variarìa siempre el tamaño de las señales, à proporcion de las massas que se chocan, como puede haverse notado en las Experiencias precedentes.

En el choque de los cuerpos elasticos, sigue la naturaleza aquellas leyes que se ha prescripto

à

à sì misma, y que hemos reconocido en la percussion de los cuerpos no elasticos. Pero como las partes hundidas por el choque se restablecen con la misma velocidad, con que se hundieron, este ultimo efecto, que se mezcla con el del movimiento comunicado por el choque, varìa mucho los resultados.

Serà, pues, conveniente distinguir con cuidado dos suertes de movimientos en la percussion de los cuerpos elasticos; el uno independiente del resorte, y que llamarèmos *movimiento primitivo*: el otro, el de la reaccion de las partes hundidas, ò comprimidas en el choque, al qual darèmos el nombre de *movimiento de resorte*, *movimiento reflexo*, ò simplemente *reaccion.*

PRIMERA PROPOSICION.

QVando un cuerpo elastico viene à encontrar con otro, tambien elastico, que se està quieto, ò que moviendose, sigue la misma direccion, que el otro; despues del choque prosigue en la misma direccion el cuerpo chocado, con una velocidad compuesta de la que se le diò immediatamente, ò por comunicacion, y de la que adquiere por su reaccion despues del choque; y el cuerpo chocante, cuyo resorte óbra en sentido contrario, pierde en todo, ò en parte lo que havìa quedado de su primera velocidad;

y

y si su movimiento reflexo excede al resto de su velocidad primera, volverà atràs, segun el valor del tal excesso.

Mas bien se entenderàn estas proposiciones generales, haciendo las aplicaciones necessarias. Supongamos, pues, que las massas son iguales. En consequencia de ésto, digo, que despues del choque, el cuerpo que no se movìa, recibirà (no menos por comunicacion, que por su reaccion propria) una cantidad de movimiento igual à la del otro antes de la percussion; y éste se quedarà quieto, porque su resorte destruirà el resto de su velocidad primitiva.

Suponiendo que las massas sean desiguales, y que el cuerpo chocado sea el mas pequeño; despues del choque iràn los dos segun la direccion del cuerpo chocante; pero éste irà con menos velocidad que el otro.

En fin, si el cuerpo chocado es mayor que el otro, despues del choque se irà solo, siguiendo la direccion del cuerpo chocante, y éste retrocederà.

Pongamos en limpio estas tres suposiciones con otras tantas experiencias, que serviràn de pruebas à nuestra primera proposicion, y à las consequencias, que sacarèmos de ella. Para esto, en vez de las bolas de barro, nos servirèmos de bolas de marfil bien redondas, y adaptadas à la misma maquina, como las primeras.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

UNA, y otra bola pesan dos onzas. La bola F baxa por un arco de 6 graduaciones à chocar con la bola D, que se està quieta.

EFECTOS.

Despues del choque se queda quieta la bola F en el sitio del contacto, y la bola D describe un arco de 6 graduaciones por la parte opuesta. En lo qual se vè, que el cuerpo chocado recibiò una velocidad igual à la del cuerpo chocante.

EXPLICACIONES.

Siendo iguales las massas, al encontrar la bola F à la bola D quieta, le comunica la mitad de su velocidad; y por lo tanto se queda con 3 grados para proseguir moviendose en la misma direccion. Este serìa el efecto de la percussion, si no fuessen elasticas las bolas, como se viò en la primera Experiencia del Articulo primero. Pero à causa de la elasticidad, la bola D comprimida, ò hundida, se restablece, estrivando contra la bola F; por lo qual la reac-

cion

cion la impele, ſegun la direccion del choque, con tanta velocidad, quanta ſe gaſtò en comprimirla. Es aſsi, que eſta velocidad es la mitad de la que hizo encontrar las dos bolas; eſto es, 3 grados: luego deſpues del choque ſe moverà la bola D con 6 grados de velocidad; es à ſaber, 3 recibidos por comunicacion, y 3 que nacen de la reaccion.

La bola F conſervarà 6 grados de ſu velocidad primitiva; pero la reaccion, que es igual, óbra en ſentido contrario, y deſtruye del todo el movimiento.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A La bola F con 4 onzas de peſo, ſe le imprimen 6 grados de velocidad contra la bola D, que ſe eſtà quieta con 2 onzas de peſo ſolamente.

EFECTOS.

Deſpues del choque deſcribe la bola D un arco de 8 graduaciones, ſiguiendo la direccion de la bola F; y éſta continùa moviendoſe ácia el miſmo ſitio, y deſcribe un arco de 2 graduaciones.

EXPLICACIONES.

Considerese desde luego el movimiento comunicado à proporcion de las massas, independientemente del resorte; y despues se verà lo que la reaccion disminuye, ò añade à este primer efecto.

Si las bolas no fuessen elasticas, al encontrar F (con 4 onzas de peso) à D quieta (con 2 onzas) no perderìa mas de 2 grados de velocidad, de 6 que tiene; y las dos massas seguirìan el mismo rumbo con un movimiento comun, cuya velocidad serìa como 4, como lo vìmos ahora poco. 1. *Prop.* 3. *Exper.* Pero adviertase, que despues del choque hay entre las dos bolas, à causa de su elasticidad, una reaccion reciproca; y esta reaccion es igual à 4 grados de velocidad comunicada, que fueron causa de la compression. Dicha reaccion, pues, se ha de mirar como una fuerza, que se exercita entre las dos bolas para rechazarlas à uno, y otro lado: y la tal fuerza concurre con el movimiento comunicado à la bola D, y lo duplica; por otra parte tira à destruir el que le queda à la bola F; pero reparese, que esta ultima massa pesa 4 onzas, y es doble respecto de la otra, y que la reaccion, que puede rechazar 2 onzas hasta una distancia como 4, no puede hacer retroceder 4 onzas, sino hasta una distan-

tancia como 2: y asi la bola F, no obstante su reaccion, sube aùn dos graduaciones despues del choque en virtud de su movimiento primitivo.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA bola F con 2 onzas de peso, y 6 grados de velocidad và à chocar con la bola D, que se està quieta, y pesa 4 onzas.

EFECTOS.

Despues del choque, describe la Bola D un arco de 4 graduaciones, siguiendo la direccion de la bola F, y ésta retrocede por un arco de dos graduaciones.

EXPLICACIONES.

La resistencia de la bola D contra la bola F reduce à 2 los 6 grados de la primera velocidad, en fuerza de su doble massa; pero los 2 grados de velocidad, que se le comunican, causan una reaccion, que vale otro tanto: y ésta la obliga à caminar adelante hasta 4 graduaciones. Exercitandose tambien en F (que solo pesa dos onzas) la misma reaccion, debiera producir un

efec-

efecto doble; esto es, en fuerza de su resorte retrocediera por un arco de 4 graduaciones; pero como à F le quedaron 2 grados de su velocidad primera, el efecto se reduce à la mitad, y no describe mas de 2 grados.

APLICACIONES.

Por los resultados de las tres Experiencias, que se acaban de hacer en prueba de nuestra primera proposicion, se havrà notado, que por el movimiento de reaccion se duplica siempre el movimiento comunicado al cuerpo que recibe el choque. Porque quando la bola D, en virtud del movimiento primitivo de F, no debiera tener sino 2, 3, ò 4 grados de velocidad, se ha visto que tenia 4, 6, ù 8.

Tambien se havrà observado, que esta misma reaccion, en virtud de la qual se duplica el movimiento en el cuerpo chocado, tira con otra tanta fuerza à rechazar ácia atràs al cuerpo chocante; pero que este ultimo efecto disminuye à proporcion que la massa aumenta. Porque quando, v. g. la bola D, de dos onzas, recibe, en virtud de esta fuerza, 4 grados de velocidad ácia delante, la bola F con 4 onzas no recibe mas que 2 grados ácia atràs.

Por estas dos observaciones se conocerà la causa de varios efectos, que cada dia se ofrecen à la vista, y que no serìa facil explicar, ignorando estos principios. To-

Todos quantos Artifices trabajan en ſus caſas ſobre ayunque de acero, como los Plateros, Reloxeros, &c, tienen cuidado de amortiguar los golpes, poniendo debaxo del pilon, ò meſa, en que eſtà el inſtrumento, una eſtera ù otra coſa equivalente. Sin eſta precaucion, mucha parte de la fuerza impreſſa por el martillo ſe comunicarìa al ſuelo, y cauſarìa varios temblores perjudiciales al enmaderado.

Por eſtas, y ſemejantes razones, ſe hacen de ladrillo las defenſas, y terraplenos de las Plazas fortificadas. Si ſe fabricáran con piedra berroqueña, ù con otra piedra dura, al llegar la bala à eſtos cuerpos elaſticos, introducirìa mas adentro ſu movimiento, y cauſarìa mas eſtrago.

Los miſmos efectos reſultarìan de la reaccion recíproca de dos cuerpos elaſticos comprimidos en el choque, ſi abſtrayendo de ſu elaſticidad, oprimieſſen entre sì una tercera materia, capàz de reſtablecerſe; como ſi, v. g. dos bolas A, y B, (*fig.* 18.) colgadas de dos hilos, vinieſſen à pegar al miſmo tiempo contra un anillo de acero, eſte ſe comprimirìa con el doble choque; y al reſtablecerſe, rechazarìa los dos cuerpos que chocaron con èl, ſegun la proporcion de ſus maſſas; eſto es, ſi eran iguales, los rechazarìa à diſtancias iguales; y ſi deſiguales, empujarìa mas lexos al mas débil.

El miſmo efecto ha de eſperarſe, ſi haviendo

do comprimido el resorte de un cuerpo, se llegasse à soltar entre dos móbiles: como si el anillo de azero, de que hablamos, comprimido diametralmente con un hilo, roto éste, se llegasse à soltar contra los dos cuerpos A, y B; uno, y otro serìan rechados en sentidos contrarios, y à distancias proporcionadas à los pesos en razon recíproca.

Estos efectos, que son otras tantas ilaciones sacadas de nuestra primera proposicion, servirán para explicar la coz de las armas de fuego, de los cohetes voladores, &c; pues la polvora encendida entre la culata, y la bala, se debe considerar como un resorte, que se deslìa por una, y otra parte: su accion produce en los dos móbiles una velocidad, tanto mayor en el uno de ellos, quanto fuere menor su massa, respecto del otro. Y asi, siendo el cañon, el mosquete, &c, (sobre todo si se entran en cuenta los obstáculos que los detienen) mas dificiles de moverse, que las balas que les corresponden, y con que se cargan; se entiende facilmente, por què este ultimo móbil (la bala) recibe de la polvora encendida una velocidad incomparablemente mayor.

Otra razon, que tambien contribuye al aumento de la velocidad de la bala, es un cierto tamaño en el cañon, que dà tiempo para que la polvora se encienda, y exercite toda su accion; porque si es muy corto, aun antes que se acabe

la

la explosion, ha salido yà la bala; por esta razon, entre otras, nunca alcanzan tanto las pistolas, como los fusiles, y el cañon de estos se hace mayor de lo ordinario, quando se quiere tirar desde muy lexos. Pero esta longitud tiene sus limites; y si estos se exceden, en vez de procurar à la bala una mayor velocidad, por el contrario se le hace perder una parte de la que tuviera, si fuesse mas proporcionado el cañon.

Por lo que mira à la coz, se puede decir en general, que (supuesta igual la cantidad, y calidad de la polvora) reculará el fusil con tanto mayor fuerza, quanto resistiere mas la carga del plomo, yà sea por su peso, yà por el taco, que la detiene.

El cohete tira ácia arriba, porque la parte inferior encendida hace el oficio de un resorte, que exercita su accion por un lado contra el cuerpo del volador, y por el otro contra un volumen de ayre, que no cede immediatamente luego que se hiere: y renovandose continuamente el resorte por la inflamacion succesiva de todas las partes del cohete, acelera el movimiento por dos razones. La primera, porque residiendo en el mismo móbil, añade siempre algo à su velocidad. La segunda, porque el peso, ò la resistencia de dicho móbil, disminuye à cada instante, por la dissipacion de las partes que se queman.

Aqui pudiera preguntarse, por què en la mesa de trucos, al tirar una bola contra otra,

no ſucede lo miſmo que en la primera Experiencia; pues al parecer el caſo es el miſmo? Por què, ſiendo iguales las bolas, caſi ſiempre proſigue moviendoſe la que imprime el choque? No debiera acaſo quedar ſin movimiento, deſpues del choque, como ſucede à la bola F al encontrar quieta à la bola D?

Aunque parezcan ſemejantes eſtos dos caſos, no obſtante ſon muy diferentes. La bola F de nueſtra Experiencia no tiene mas que un movimiento ſimple, y directo; en lugar que la bola del truco tiene dos; pues no ſolo deſcribe ſu centro una linea recta, ſino que al miſmo tiempo la bola và rodando ſobre la meſa; y todas las partes de ſu ſuperficie deſcriben otros tantos circulos paralelos al rededor de ſu exe. Al encontrar quieta à la otra bola, ſe ſuſpende el movimiento directo de ſu maſſa total, por las razones alegadas; pero ſubſiſte aùn el de ſus partes al rededor del exe comun; de manera, que ſi en el inſtante del choque deſapareciera el plano, y la bola quedaſſe ſoſtenida por los dos polos, ſe le verìan dàr vueltas ſin adelantarſe, ni retroceder. Pero ſi eſte movimiento de rotacion ſe exercita ſobre un plano, es preciſo, que tire de la bola, y la lleve adelante. Eſto ſe concibe facilmente.

SE-

SEGUNDA PROPOSICION.

SI dos cuerpos elasticos de igual, ò desigual massa llegan à chocarse con iguales, ò desiguales velocidades proprias; se separaràn despues del choque; y su velocidad respectiva serà la misma que antes.

Porque si dichos cuerpos no fueran elasticos, ò se detendrìan mutuamente, ò el uno de ellos se llevarìa consigo al otro, como se viò en las Experiencias del Articulo primero: con que solo se separaràn en virtud de su reaccion. Pero siendo ésta, como se ha visto, igual à la compresion, y la compresion siga la proporcion de la velocidad respectiva, havrà de ser semejante despues del choque; lo qual se confirma con la experiencia.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A Cada bola D, y F se les daràn dos onzas de peso, y se dexaràn caer una contra otra por dos arcos, de seis grados cada uno. En este caso son iguales las massas, y las velocidades proprias.

EFECTOS.

Despues del choque se separan las dos bolas, y cada una retrocede por un arco de seis graduaciones: de esta suerte las velocidades proprias son de seis grados, y la velocidad respectiva de doce, como antes del choque.

EXPLICACIONES.

Al chocar las dos bolas con fuerzas iguales, pierden todo su movimiento primitivo; pero la reaccion igual à la fuerza, con que se comprimen, ò à la velocidad respectiva (que es lo mismo) las pone en estado de volver atràs por un arco de seis graduaciones, como el que describieron al baxar.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA bola D tendrà quatro onzas de massa; la bola F dos; dexense caer una contra otra; la primera por un arco de quatro graduaciones, y la segunda por uno de ocho. En este caso son desiguales las massas, y las velocidades proprias; aunque la velocidad respectiva sea 12.

EFEC-

EFECTOS.

Despues de la percusion, vuelven las dos bolas al sitio de donde salieron à chocarse: en donde se vè, que la velocidad respectiva es la misma que antes.

EXPLICACIONES.

Si las dos bolas D, y F de esta Experiencia no fueran elasticas, se detendrian mutuamente, por tener fuerzas iguales; pues quatro onzas de massa, multiplicadas por quatro grados de velocidad, dàn diez y seis por cantidad de movimiento; y esto es igual à dos onzas de massa, multiplicadas por ocho grados de velocidad. Pero las bolas son elasticas, y su compresion es el efecto de una velocidad respectiva de doce grados: la reaccion, pues, es una igual velocidad aplicada por una parte à una bola de dos onzas, y por otra à una de quatro; pero la fuerza que puede transportar dos onzas hasta ocho grados, no puede transportar en igual tiempo una bola de quatro sino à quatro grados. De este modo havràn de volver al mismo sitio las dos bolas despues del choque, como lo ha mostrado la Experiencia.

APLI-

APLICACIONES.

Lo que hemos dicho del choque de dos cuerpos elaſticos, tiene tambien lugar, aunque ſea mayor el numero de los cuerpos contiguos unos con otros; y eſtos efectos ſe producen con una prontitud admirable. Si ſe ſuſpenden v. gr. 7, ù 8 bolas de marfil, de modo, que todos los centros ſe hallen en una miſma linea, como eſtàn en la (*fig.* 19.) y ſe dexa caer la primera por un arco de circulo contra la ſegunda, la octava ſe ſepararà de las otras con una velocidad ſemejante à la que huviera tenido la ſegunda deſpues del choque, con tal, que no encontraſſe algun impedimento en el camino: y ſi ſe dexan caer dos juntas contra la tercera, las dos ultimas ſe ſepararàn de las otras, que ſe quedaràn quietas.

Del miſmo modo, ſi ſe dexan caer al miſmo tiempo la octava contra la ſeptima, y la primera contra la ſegunda, deſpues de la percuſsion retrocederàn las dos bolas chocantes, por un arco ſemejante al que deſcribieron al baxar, como ſi la percuſsion ſe hiciera de una à otra immediatamente.

Para explicar eſtos efectos, ſerà bueno traher à la memoria lo que queda dicho en la *fig.* 15. conviene à ſaber, que una bola elaſtica, en el inſtante miſmo del choque toma una figura ova-

la-

lada, por la qual, no ſolo ſe acerca al centro la parte chocada, ſino tambien la opueſta diametralmente. Eſtas dos partes ſe reſtablecen al punto, y con iguales velocidades à las que ſirvieron para comprimirlas. Se concibe, pues, que la ſegunda bola tocada por la primera, ſe ſepara un poco de la tercera; y tomando (no menos por comunicacion, que por reaccion) una velocidad igual à la del cuerpo que la toca (como queda explicado en la primera Experiencia de la primera Propoſicion) hace ſobre la bola ſiguiente, lo que hizo con ella la primera. Lo miſmo hace la tercera con la quarta, y aſsi de las demàs, haſta la ultima, que no hallando quien la detenga, obedece al impulſo, que recibe, y deſcribe un arco, que expreſſa una velocidad ſemejante à la del primer cuerpo chocante.

Eſtos exemplos de movimientos, comunicados por cuerpos elaſticos, y contiguos, podràn ſervirnos en adelante para apoyar algunas opiniones (veroſimiles por otra parte) tocantes à ciertos phenomenos, ſobre cuya explicacion eſtàn aùn los Phyſicos divididos. Por ahora nos contentamos con eſtablecer eſtos principios de experiencias, que citarèmos en adelante, y de que nos ſervirèmos, conforme lo vaya permitiendo el orden de las materias.

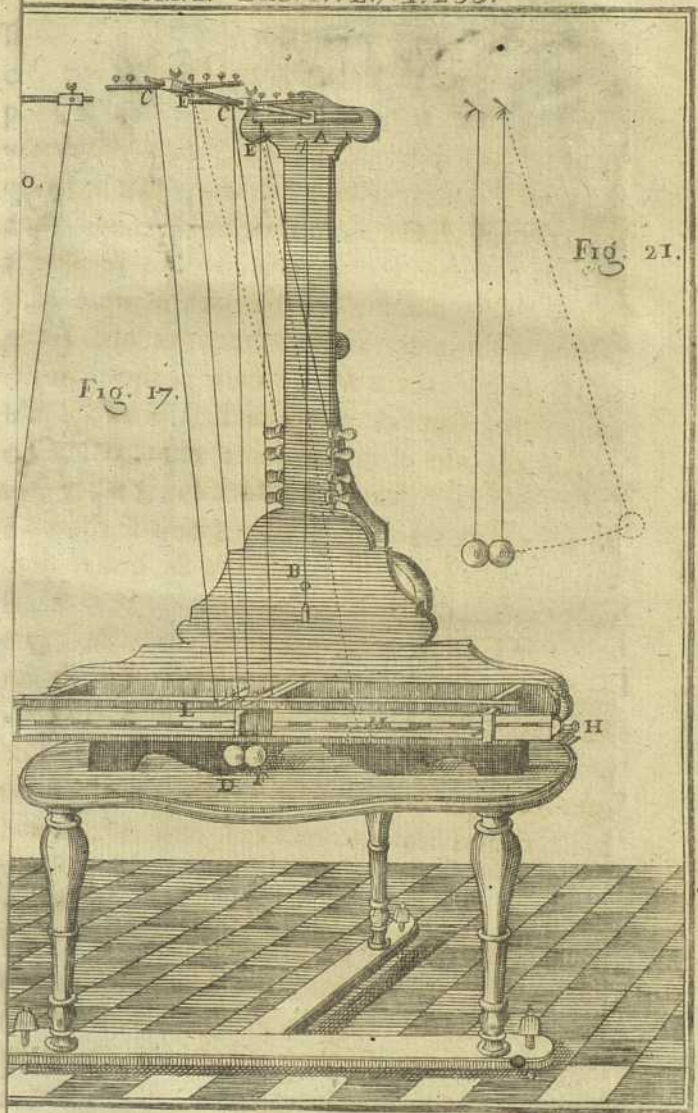
CO-

COROLARIO.

POR las Experiencias, que acabamos de citar, podrà haverſe notado, que quando los cuerpos elaſticos ſe chocan de modo, que ſigan la miſma direccion, ò que uno de ellos ſe quede quieto deſpues del choque, ſiempre es la miſma la ſuma de los movimientos, aſsi antes, como deſpues de la percuſsion; porque immediatamente antes del choque de la primera Experiencia todo el movimiento reſide en la bola F; ſiendo ſu cantidad doce, es à ſaber, ſeis de velocidad, multiplicados por dos de maſſa; la qual cantidad ſe halla en la bola D, que ſe mueve ſola, deſpues de la percuſsion.

Pero ſi retrocede una de las dos, la cantidad del movimiento deſpues del choque ſe halla mayor de lo que era antes; como parece ſegun el reſultado de la tercera Experiencia. Porque antes que la bola F encuentre quieta à la bola D, ſu movimiento es doce, eſto es, ſeis de velocidad, multiplicados por dos de maſſa; y la ſuma de los movimientos es veinte deſpues de la percuſsion; es à ſaber, en la bola D diez y ſeis, que es el producto de quatro onzas de maſſa, multiplicadas por quatro grados de velocidad; y en la bola F quatro, producto de dos onzas, por dos de velocidad.

No ſolo es mayor deſpues del choque la ſu-


C
E
C
E
A
O.
Fig. 21.
Fig. 17.
B
I
H
D
F

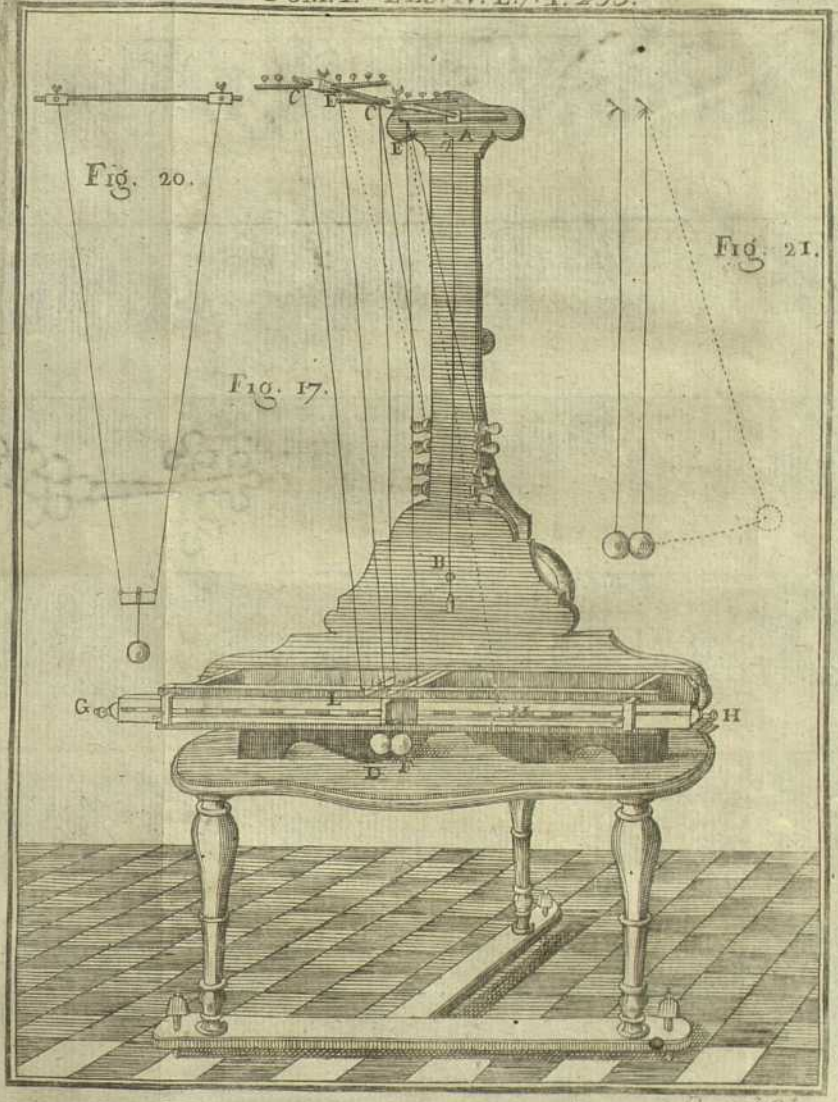


Fig. 20.
Fig. 17.
Fig. 21.
C
L
C
E
A
B
G
H
D
F

ſuma de los movimientos ; ſino que el del cuerpo chocado excede en cantidad al del cuerpo chocante antes del contacto ; porque el movimiento de la bola F era doce antes del choque ; y deſpues de la percuſsion ſe halla con diez y ſeis la bola D , como acabamos de notar.

Eſte exceſſo , ù diferencia de movimiento en el cuerpo chocado , iguala preciſamente la cantidad del que retrocede deſpues del choque; lo que ſe verà deſde luego , ſi ſe repara , que la cantidad del movimiento de la bola F (que vuelve atràs) es quatro ; y quatro es la diferencia de diez y ſeis à doce.

De eſte modo , conociendoſe las maſſas , y ſabiendoſe la velocidad de la que retrocede deſpues del contacto, ſe puede ſaber la cantidad del movimiento de la otra , y tambien la ſuma del movimiento primitivo.

Antes de dexar eſta materia , ſe ha de advertir , que la impreſsion de los fluidos no ſe ha de apreciar , ſegun las reglas eſtablecidas para el choque de los cuerpos ſólidos ; éſtos teniendo travadas todas ſus partes , obran ſegun toda ſu maſſa ; pero en los otros la accion no ſe exercita de la miſma ſuerte ; porque ſolo reſiſten (à cauſa de ſu mobilidad reſpectiva) aquellas partes que immediata , y directamente ſe exponen al choque ; las otras no pierden ſu velocidad , y por conſiguiente no contribuyen al eſ-

fuerzo; por esso el agua, y el viento no comunican de una vez à un móbil su velocidad actual; y solo passados algunos instantes, recibe el móbil todo el movimiento que se le puede imprimir. Para convencerse facilmente, se pueden observar las alas de un molino de viento, ù la rueda de un molino de agua, quando empiezan à moverse.

FIN

DEL PRIMER TOMO.

IN-

INDICE
DE LAS MATERIAS
CONTENIDAS
EN EL TOMO PRIMERO.

LECCION SEGUNDA.

De la Poroſidad, Compreſsibilidad, y Elaſticidad de los cuerpos.

III.

De la Elasticidad de los cuerpos.

LECCION TERCERA.

De la mobilidad de los cuerpos; del movimiento, de sus propriedades, y de sus leyes.

Art.

LECCION QUARTA.

Proſiguen las leyes del movimiento ſimple.

II.

FIN

DEL INDICE DE LAS MATERIAS.