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 TERCERO.

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 TERCERO.

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

NOTA.

Las Aprobaciones, y Licencias de la Religion, y la del Ordinario, se hallaràn en el Tomo primero de esta Obra.

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 P. Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, Maestro de Physica Experimental del Real Seminario de Nobles de esta Corte, para que por una vez pueda imprimir, y vender el tercer Tomo de la Obra intitulada: *Physica Experimental*, escrito en Francès por el Abate Nollet, Maestro del Serenissimo Delfin de Francia, y traducido al Español por el citado P. Zacagnini, con que la impression se haga por el original, y en papel fino, que và rubricado, y firmado al fin de mi firma, y que antes que se venda, se trayga al Consejo dicho Libro impresso, júnto 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 veinte y siete de Septiembre de mil setecientos cinquenta y siete.

D. Joseph Antonio de Yarza.

FEE DE ERRATAS.

PAG. 2. lin. 24. proposiciones, lee *proporciones.* Pag. 5. lin. 1. de que, lee *de que se.* Pag. 9. lin. 12. los, lee *las.* Pag. 17. lin. 8. tal, à tal, lee *tal, ò tal.* Ibid. lin. 13. La distancia, lee *Las distancias.* Pag. 35. lin. 17. *l i* F, lee *l* F *i.* Pag. 37. lin. 13. direccion, lee *la direccion.* Pag. 54. lin. 18. comprehendios, lee *comprehendidos.* Pag. 55. lin. 15. motivo, lee *medio.* Ibid. lin. 17. desproposiciones, lee *desproporciones.* Pag. 65. lin. 14. linea, lee *la linea.* Pag. 87. lin. 11. està, lee *ésta.* Pag. 95. lin. 16. si concibe, lee *si se concibe.* Pag. 100. lin. 16. nos, lee *no.* Pag. 108. lin. 9. hacer, lee *hacerla.* Pag. 135. lin. 7. 144, lee 114. Pag. 155. lin. 4. barrera, lee barreta. Pag. 178. en la nota (a) pies, lee *pulgadas.* Pag. 231. lin. 18. calor, recipiente, lee *calor del recipiente.* Pag. 234. lin. ult. frigidèz, lee *rigidèz.* Pag. 254. lin. 13. con, lee *en.*

Certifico, que para que el Tomo tercero del *Curso de Physi-*

ca

ca Experimental, escrito en Francès por el Abate Nollet, y traducido en Español por el Padre Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, y Maestro de Mathematicas en el Real Seminario de esta Corte, estè conforme con su original, se han de tener presentes las erratas de esta Fee. Madrid, y Noviembre veinte y uno 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 el Tomo tercero de la Obra intitulada *Physica Experimental*, escrito en Francès por el Abate Nollet, Maestro del Serenissimo Delfin de Francia, y traducido al Español por el P. Antonio Zacagnini, de la Compañia de Jesus, Maestro de Physica Experimental en su Real Colegio de Nobles de esta Corte, que con Licencia de dichos Señores, concedida à éste, ha sido impresso, tassaron à diez y siete maravedis cada pliego, y dicho Tomo parece tiene cinquenta y seis y medio, sin principios, ni Tablas, que à este respecto importa novecientos y sesenta maravedis; y al dicho precio, y no mas, mandaron se venda, y que esta Certificacion se ponga al principio de cada Tomo, para que se sepa el à que se ha de vender. Y para que conste lo firmè en Madrid à veinte y quatro de Noviembre de mil setecientos cinquenta y siete.

D. Joseph Antonio de Yarza.

LEC-

LECCIONES DE PHYSICA EXPERIMENTAL.

LECCION IX.

DE LA MECHANICA.

HAviendo enſeñado en las Lecciones precedentes las propriedades, y leyes del movimiento, tanto para los cuerpos ſólidos, como para los flúidos; nos reſta decir en éſtas los medios por los quales ſe puede emplear, ò mas commodamente, ò con ſuperiores utilidades. Eſtos medios ſon ſin duda las máchinas; eſto es, ciertos cuerpos de una conſtruccion,

mas, ò menos ſimple, los quales transfieren la accion de una potencia ſobre una reſiſtencia, haciendola crecer, ò diſminuìr, ſegun que ſe varìan las velocidades del movimiento.

La Ciencia, que trata de las máchinas, ſe denomìna *Mechanica*; éſta ſupone en el que ſe aplica à ella los conocimientos ſuficientes de la Mathematica, y de la Phyſica; porque un Mechanico debe, no ſolo juzgar, y medir las fuerzas opueſtas entre sì, con relacion à ſus poſiciones reſpectivas; mas tambien le es indiſpenſablemente neceſſario, que ſepa diſtinguir la naturaleza de eſtas fuerzas, lo que puede mezclarſe con ellas de extraño, por la qualidad de las materias, que emplèa, y por la circunſtancia del lugar, del tiempo, &c. Quien no poſſeyera mas que una parte de la Phyſica, podria hacer las máchinas duraderas, y aun formadas muy bien; mirando ſolo al conjunto de las piezas, y al modo de moverſe, y manejarlas; pero corria mucho peligro de engañarſe muchas veces en las propoſiciones, y los efectos ſe encontrarìan muy pocas veces del modo que él ſe havia imaginado. El que no tuviera mas que unos conocimientos puramente mathematicos, y no conſideraſſe mas que lineas, y puntos

tos en las cantidades, de que quisiera servirse, hallarìa sin duda mucha diminucion despues de la execucion; y en fin, el que no fuera, ni Geometra, ni Physico, trabajarìa absolutamente à ciegas, y no pudiera lisongearse del acierto, sino por una mera casualidad: y aun esto muchas veces despues de varias tentativas inutiles, penosas, y por lo regular muy costosas. Esta es una verdad, que acredìta la experiencia de largo tiempo, y que deberìa desengañar à muchos, cuyo trabájo ha sido tan infructuoso. Pero asi como el amor proprio, y el deseo de ser Autor, han sido el motivo de que se impriman cada dia muchas Obras inutiles, à pesar de todas las acertadas reglas de la Critica, estos mismos motivos, y muchas veces la codicia de la ganancia, son el mobil de un prodigioso numero de invenciones, las que no verìan jamàs la luz pública, si los que las inventan tuvieran bastante luz para distinguir su mérito.

Es innegable, que las máchinas desgraciadas, y malas salen al Público con mas frequencia, que las buenas; y esto es lo que desacredìta algun tanto la Mechanica en la aprehension de muchos, que in-

justamente confunden al Machinista con el verdadero Mechanico: se desimpresionarà qualquiera facilmente de esta idèa, si se observa con cuidado, que los Sabios del primer orden, como Archytas, Aristoteles, Archimedes, &c. entre los Antiguos; M. M. Mariote, Amontons, de la Hire, Varignon, &c. entre los Modernos, se han aplicado con particularidad à la Ciencia de las máchinas utiles, y se han hecho recomendables por los progressos grandes, que en ellas han hecho. Los descubrimientos de esta especie son muy honorificos, y no merecen menos aplauso, que los de otra. Por ventura el objeto de esta Ciencia no es muy util en sì mismo? No ha sacado de ella el Público ventajas considerables? Juzguémos esto de algun modo por las producciones, que actualmente posseemos: los molinos de aceyte, los batanes, las diferentes bombas, que sacan el agua para nuestros usos, y para la hermosura de nuestros Jardines: los carruages, que nos libertan de tantas fatigas, y que hacen los transportes tan faciles, y tan cómmodos: las garruchas, las gruas, los cabestrantes, cuya aplicacion es tan ventajosa, y tan frequente en la Architectura, y en la Navegacion: los Puentes levadizos,

y cantidad de otros varios medios, de que ſirven para defender las Plazas; ſon otras tantas máchinas, cuya utilidad experimentamos todos los dias, y que nos ſon tan neceſſarias, ſegun las circunſtancias. Por eſto ſe debe perdonar à aquellos, que ſe niegan à los atractivos de la Geometrìa ſublìme, por tener algun tiempo de aplicar ſus principios à las indagaciones de eſta eſpecie: es verdad, que eſtas ſon menos brillantes, que la ſolucion de algunos grandes problemas; mas no por eſſo deben eſtimarſe en menos, pues ſe dirigen, y encaminan mas directamente al bien de la Sociedad, teniendo por lo regular unas aplicaciones mas prontas, y algunas veces mas utiles.

Se diſtinguen comunmente dos eſpecies de máchinas, unas *ſimples*, y otras *compueſtas*: las primeras ſon como los elementos de las otras, y ellas ſeràn el principal objeto de eſta Leccion; porque la multiplicacion de máchinas ſimples en un miſmo aſſunto, no infiere alguna mutacion eſſencial en ſus propriedades; y nueſtro intento aqui no es hacer una enumeracion completa de todas las máchinas compueſtas, que han ſalido al público, para dàr à conocer todas las aplicaciones,

que

que se han formado de las simples solamente. Me contentarè con indicar unicamente aquellas máchinas mas comunes, cuya construccion podrà percibirse con mas facilidad, y que no necessitan de estas descripciones largas, y circunstanciadas, las quales no pueden tener lugar alguno en esta Obra.

La multitud de máchinas simples se varìa segun el modo de juzgar su simplicidad; porque unos miran como simple, lo que otros consideran como compuesto; mas esto es una cosa muy arbitraria, y poco importante: yo, sin desaprobar las opiniones distintas de la mia en este assunto, no cuento mas que tres especies de máchinas simples, que son la *Palanca*, el *Plano inclinado*, y *las Cuerdas*. Pero antes de entrar en la materia, es preciso establecer algunos conocimientos generales, que podràn satisfacer nuestra theorica, y prevenir de este modo algunas dificultades, que pudieran excitarse en el discurso de nuestra explicacion.

En qualquiera máchina se deben considerar quatro cosas principales, que son la potencia, la resistencia, el fulcro, ò centro de movimiento, y la velocidad, con la qual se mueven la potencia, y la resistencia.

Po-

Potencia ſe denomìna qualquiera fuerza ſola, ò muchas juntas, que concurren à vencer un obſtáculo, ò à ſoſtener ſu esfuerzo; por eſto los hombres, ò el cavallo, que ſuben un barco contra las corrientes furioſas de un Rio, las peſas de un Relox, ó de un Pendulo, deben mirarſe como una potencia, ò fuerza motrìz.

Quando la potencia, que ſe empléa en una máchina, es el esfuerzo de un animal, ſe debe juzgar relativamente à la naturaleza, y duracion del trabájo. Porque aunque un cavallo puede vencer por tiempo limitado una fuerza de quinientas, ò ſeiſcientas libras, y un hombre ſoſtiene por algunos inſtantes un fardo de 100. ù 150. libras, quando ſe trata de trabajar con alguna continuacion, no ſe debe contar ſobre algun esfuerzo, que exceda veinte y cinco, ò treinta libras por lo que mira à un hombre, y cerca de 180. libras por lo que mira à un cavallo; fuera de eſto, es neceſſario, que puedan obrar con libertad, y que no ſe véan violentados, yà por la diſpoſicion de la máchina, à que ſe les aplica, yà por la ſituacion del terreno, ù de otra qualquiera manera.

Si la potencia es un peſo, ò un reſorte,

te, puede suceder, que ella no sea de un valor constante, y perfectamente el mismo: lo primero, porque segun se disminuye el resorte, se disminuye el esfuerzo; y si la máchina no està hecha de modo, que supla esta diminucion, no podràn los esfuerzos ser tan grandes al fin, como al principio. Segundo: yà hemos visto, hablando de la pesadèz, que la aceleracion aumenta la fuerza de los cuerpos, que caen libremente; esto es, con una velocidad muy sensible; assi tambien en todos los casos en que el movimiento nace del choque de un cuerpo que cae, la máchina recibe tanta mayor fuerza, quanto el cuerpo, que mueve, baxa de mas alto.

La resistencia es otra fuerza sola, ò un conjunto de muchos obstáculos, los quales se oponen al movimiento de la máchina, que la potencia mueve, ò hace mover; tal es un pedazo de piedra, ù de marmol, el qual resiste por su peso proprio à la accion de algunos hombres, que hacen esfuerzo para arrastrarla, ò para levantarla por medio de un rodillo, de un cabestrante, de una garrucha, &c.

La resistencia no es siempre una cantidad permanente, como un peso, que se quiere elevar; muchas veces es la tension

ſion de un reſorte, dividir los cuerpos, ſoſtener los fluidos, y en tales caſos, la potencia tiene mas, ò menos que hacer al principio, que al fin; y para que no falte, ſe debe proporcionar la máchina, de modo que la reſiſtencia, aunque ſea la mayor que pueda ſer, ſe halle todavia inferior à la fuerza motrìz. Y aſsi, quando ſe trata, por exemplo, de hacer ſubir el agua por medio de una bomba; ſe ha de conſiderar el cañòn montante, como lleno de agua, aunque en la realidad no lo eſtè, ſino deſpues de haver ſubido, y baxado varias veces el émbolo, en cuyo tiempo la fuerza motrìz es mas que ſuficiente.

Punto de apoyo, centro de movimiento, ò Hypomochlio ſe llama una parte de la máchina, al rededor de la qual ſe mueven los demàs; éſta es en la balanza, aquel lugar de la caxa, ſobre el qual deſcanſa el exe del peſo; en una rueda de coche es la extremidad del rayo, que toca actualmente la tierra, quando ſe mueve; y éſta en fin ſon los goznes de la puerta, el exe de una garrucha, &c.

El centro de movimiento no es ſiempre un punto ſolo, permanente, y fixo; en muchas ocaſiones es una continuacion, ò ſucceſsion de puntos, los quales for-

man una linea ; tal es el exe de una esphera ; tales son los goznes , y todo lo que hace sus veces.

El punto de apoyo muchas veces no està fixo , sino relativamente á la revolucion de quien èl es centro ; puede moverse à otra qualquiera parte ; tal es , por exemplo , el exe de un coche , ò de un carro , que corre en una direccion paralela al terreno, siendo centro del movimiento de las ruedas ; algunas veces el punto de apoyo es la accion de un cuerpo animado , como quando dos hombres llevan entre sì un fardo , ù otro qualquiera peso sobre un palo , cuyos extremos sostienen cada uno de por sì ; en este caso qualquiera de los dos puede mirarse indiferentemente , ò como potencia , ò como punto de apoyo.

Las velocidades se regúlan por los espacios , que andan la potencia , y la resistencia , ò que correrian mirando à la disposicion de la máchina , si la una llevára à la otra. Un hombre , por exemplo , que tira de un fardo por medio de un cabestrante, describe caminando la circunferencia de un circulo ; y en tanto que anda este camino, el fardo se acerca algun tanto : y estos espacios andados de una , y otra parte , son

los

los que determinan las velocidades relativas; porque el tiempo es igual para uno, y otro. Lo mismo sucede, quando los dos platos de una balanza estàn quietos por medio del equilibrio; se conocen sus velocidades por el camino, que harìan subiendo la una, y baxando la otra en el mismo tiempo, si el movimiento tuviera alli lugar.

La pesadéz es una fuerza, la qual se emplea muchas veces en la mechanica, como potencia, ò como resistencia: aunque ella pertenezca igualmente à todas las partes de materia contenidas baxo un mismo volumen; para mayor simplicidad la consideraremos, como consistiendo en un solo punto, que llamarémos centro de gravedad.

Este centro de gravedad, ù de pesadèz no es siempre el de la figura; este es un punto por cuyo medio, estando un cuerpo suspenso, quedan las demàs partes en quietud, y con el qual se ponen todas en movimiento, luego que dexa de estàr sostenido. Por otra parte es facil de comprehender, que este punto no se halla perfectamente en medio, sino en aquellos cuerpos, cuyas partes son homogeneas, y de figura symmetrica; en una bola re-

donda, por exemplo, y de una densidad enteramente uniforme, es evidente, que todos los rayos, ò semidiametros son iguales, y del mismo peso; iguales por motivo de la figura perfectamente esphérica; del mismo peso, por causa de la homogeneidad de las partes; todo està en equilibrio al rededor de un punto, el qual es à un mismo tiempo centro de gravedad, y de figura; lo que no sucede en una flecha, cuya punta està herrada, ò en una pluma de escribir; porque si su longitud se divide en dos partes iguales, se hallarà la una mas pesada, que la otra, y la seccion no havrà passado por el centro de su pesadèz, aunque se haya hecho en el centro de su figura.

Del mismo modo, que se concibe toda la pesadèz de un cuerpo, reunida en un solo punto; se considera tambien en un espacio infinitamente pequeño la de muchos cuerpos, los quales concurren à una misma accion por sus mismos pesos. Quando muchas masas pesan sobre una cuerda misma por los hilos de que se cuelgan, se puede mirar el nudo comun de estos hilos, como el centro de sus pesos particulares. Siendo A, B, (*fig.* 1.) los centros de gravedad de dos cuerpos sus-

pen-

pensos, sus acciones se reunen en C, ò en otro punto, que se quiera tomar de la linea C *d*, con tal que el peso A sea igual al peso B; porque si una de las bolas es de madera, y la otra de piedra, el centro de la mas pesada se acercarìa mas à la linea *C* D, y la linea *a b* se dividirìa por la direccion *c* D, en dos partes desiguales, y la mas larga serìa respecto de la mas corta, como el mayor peso al mas pequeño.

Por grande que sea el numero de estos cuerpos pesados, si llega à conocerse el centro de gravedad de cada uno de ellos, se determina con facilidad el lugar en que reunen sus fuerzas; porque las distancias son conocidas; mas esto se concebirà mejor con la explicacion de la theorica de la Palanca.

La intension de la gravedad varía à proporcion de la mayor, ò menor distancia de los cuerpos al centro de la tierra, ò donde tiran; mas en el discurso de esta Leccion no nos embarazarà esta diferencia, por no ser jamàs muy sensible en la extension, que pueda tener una máchina; supondrémos tambien, que un peso, cuya caìda no es muy acelerada, exerce siempre la misma fuerza, ò la misma

pres-

presion en toda su direccion. Un cubo lleno de agua, que pesa cien libras sobre la garrucha de un pozo, quando està en alto, se presume, que pesa otro tanto mas, quando està 50. ò 60. pies mas baxo (abstrayendo del peso de la cuerda) y aquel que toca una Campana, hace siempre el mismo esfuerzo, aunque no siempre sea el mismo el tamaño de la cuerda.

Mirarémos tambien como paralelas las direcciones de dos pesos distantes entre sì, aunque rigurosamente hablando, estèn algun tanto inclinadas una à otra; pues todos los cuerpos graves tiran à un mismo punto, que es el centro de la tierra; mas no me parece, que saldrà ningun yerro de cuenta, aunque se tenga en poco esta inclinacion.

Para apartar todo lo que de algun modo puede ser extraño en el assunto presente, en toda esta Leccion prescindiremos de las frotaciones, y de la resistencia de los medios; obstáculos no obstante, que se deben precaver en la práctica; pues despreciandolos, y no contando segun su valor, se originaràn errores considerables en los cálculos, como se podrà vèr en la tercera Leccion, quando se explicò la primera ley del movimiento.

SEC-

SECCION PRIMERA.

DE LA PALANCA Ò VECTE.

LA Palanca conſiderada mathematicamente no es otra coſa, que una linea recta ſin gravedad, que regla las diſtancias, y las poſiciones de la potencia, de la reſiſtencia, y del punto de apoyo. Si ſucedieſſe, que eſta linea en la práctica vinieſſe à ſer peſada, y curva, ſu peſo ſe debe conſiderar, como haciendo parte de la potencia, ù de la reſiſtencia, y ſu curvatura ſe puede reducir ſiempre à la diſtancia, que pone entre eſtas dos fuerzas, ò entre una de ellas, y el punto de apoyo. De eſte modo E F G, (*fig.* 2.) equivalen à *e g*; y ſi las dos partes EF, FG, ſon de hierro, ù de otra qualquiera materia igualmente peſada, cada una conſtituye parte de la maſa E, ò G, que ellas ſoſtienen.

Es muy comun diſtinguir tres generos de Palancas, ò Vectes, ſegun las diverſas poſiciones, que ſe le pueden dàr à la potencia, à la reſiſtencia, y al centro de mo-

vi-

vimiento, ò punto de apoyo. Se pudiera, siguiendo las huellas de algunos célebres Autores, (Tratado de Mechanica de M. de la Hire) mirar, como otras dos potencias, lo que yo llamo resistencia, y punto de apoyo; y entonces no pudiera tener lugar alguno la distincion de las Palancas en tres generos; pero à mì me parece, que es mas ventajoso seguir el méthodo mas comun, y mas usado en una Leccion, que no es tanto un Tratado de Mechanica, quanto una simple exposicion de los principios de esta ciencia. Para representar estas tres especies de Palancas, señalarè la potencia, ò fuerza motrìz con una mano A, la resistencia por un peso B, y el punto de apoyo por un exe C. (*fig.* 3. 4. 5. y 6.)

Las Palancas de la primera especie son aquellas en que el punto de apoyo està entre la potencia, y la resistencia. (*fig.* 3.)

Las de segunda especie tienen la resistencia entre el punto de apoyo, y la potencia. (*fig.* 4.)

En las de la tercera especie està la potencia colocada entre el punto de apoyo, y la resistencia. (*fig.* 5.)

Las especies de cada genero se distinguen por la distancia, que hay de la potencia al punto de apoyo, relativamente,

y

y por comparacion à la que hay entre el mismo punto de apoyo, y la resistencia. Si, por exemplo, el exe en lugar de estàr en C, estuviera en *c*, (*fig.* 3.) éste serìa siempre un Vecte del primer genero; mas la especie serìa distinta; y asi para explicarse exactamente sobre qualquiera Vecte, que se quiera, se dirà: „ Que es de tal à tal ge„ nero, y las distancias de las fuerzas re„ sistentes, y motrices al punto de apoyo, „ estàn entre sì en la proporcion de 2. à 3. „ ù à 4. ù à 5. &c.

La distancia de estas dos fuerzas al punto de apoyo determinan el camino que han de andar, y por consiguiente determinan tambien sus velocidades; porque suponiendo, que la una no puede moverse sin la otra, es evidente, que la potencia A. (*fig.* 6.) no gastarà mas tiempo en passar el arco A *a*, que tardarìa la resistencia en acabar el suyo B *b*; quando los tiempos son iguales, las velocidades se deben comparar por los espacios andados, ò que se han de passar, como lo hemos enseñado, hablando de las propiedades del movimiento. Y asi, como los arcos A *a*, B *b*, siguen entre sí la proporcion de sus rayos A C, B C, es cierto, que en conociendo estas dos ultimas distancias, se

ſabe la velocidad de la potencia, y la de la reſiſtencia; de donde ſe ſigue

Lo primero: Que aquel peſo, que obra como potencia, ò como reſiſtencia, por un Vecte colocado horizontalmente, tiene tanta mas fuerza, quanto eſtà mas diſtante del punto de apoyo.

Lo ſegundo: Que dos maſas iguales opueſtas entre sí ſobre un Vecte ſemejante no pueden eſtàr en equilibrio, ſino eſtando en iguales diſtancias del punto de apoyo, y obrando cada una en ſentido contrario al de la otra.

Lo tercero: Que dos peſos deſiguales exercitan uno contra otro fuerzas iguales, quando ſus diſtancias al punto de apoyo eſtàn en razon recíproca de las maſas.

Eſtas tres propoſiciones ſe haràn enteramente perceptibles con las Experiencias ſiguientes.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA figura ſiete repreſenta un plano vertical, elevado ſobre una baſe, y horadado de parte à parte por una mortaja H I; la pieza K es una eſpecie de marco, que

que ſe puede colocar en diferentes parages de la mortaja, y eſtà ſoſtenido por detràs con un tornillo.

L M, es una caxa de metal, que ſe mueve ſobre dos exes en la mortaja, y por ella ſe hace correr el Vecte N O, para detenerla en aquel ſitio, que ſe quiera de ſu longitud: por eſte medio el punto fixo muda de lugar, no ſolamente ſobre el plano, mas tambien ſobre el Vecte; las extremidades de éſte eſtàn horadadas para recibir los peſos, que tienen un ganchito por abaxo, para recibir otros, y todos los que ſe quiſieren. P, es una maſa, que eſtà enſartada en el Vecte, y ſe coloca en el parage mas conveniente, para ponerla en equilibrio con el miſmo, en caſo que el punto de apoyo no eſtè pueſto en medio de ſu longitud. Q, es una garrucha muy movible ſobre ſu exe, cuya caxa ſe coloca en una horquilla, y à la diſtancia que ſe quiere ſobre lo alto del plano vertical; en eſta garrucha eſtà envuelta una cuerda, que tiene por una parte el peſo, y por la otra un gancho para ſoſtener el Vecte, en caſo que el punto fixo ſe halle colocado en una de las dos extremidades.

Con eſta máchina aſsi diſpueſta ſe pueden experimentar los Vectes de todas las

especies, y generos, variar la potencia, y la resistencia, no solo en quanto à sus distancias del punto de apoyo, sino tambien en quanto à sus masas, ò cantidades absolutas; y por medio del contrapeso P, el Vecte puede compararse con una linea mathematica, inflexible, y sin peso.

Supuestos, pues, asi estos medios, nos abstendrémos de reproducirlos en las figuras, contentandonos con representar cada Experiencia solo con lineas, à fin de apartar de las Explicaciones todo lo que puede ser ageno del assunto, ocupando solamente la atencion del Lector en el objeto, de que se trata.

Dispuesto, pues, el Vecte de manera, que su punto fixo se halle entre dos pesos, como se representa por la figura octava, se observarà lo siguiente.

EFECTOS.

Primero: Si el punto fixo està en *a*; esto es, si divide el Vecte en dos brazos iguales, una potencia de una libra, sostendrà una resistencia del mismo peso.

Segundo: Si el punto fixo està en *b*, y el brazo de las potencias es dos veces mas largo, que el de la resistencia; una

li-

libra en P, mantendrà dos libras en R.

Tercero: Si el punto fixo eſtà en *c*, havrà tres veces tanto deſde *c* à *p*, como deſde *c* à *r*; la miſma libra empleada en P, ſoſtendrà tres colocadas en R.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE pondrà la máchina repreſentada en la figura ſeptima, de manera que el punto fixo ſe halle en la una de las dos extremidades del Vecte, y que el anillo, por el qual paſſa el Vecte ſoſtenido de la potencia P, ſe pueda colocar en el punto 2, y deſpues en el punto 1: veaſe la figura nueve.

EFECTOS.

En el primer caſo, peſando R una libra, hace equilibrio con P, cuyo peſo es de libra y media.

En el ſegundo caſo, para que haya equilibrio, es neceſario poner los dos peſos en la proporcion de tres à uno; eſto es, que la maſa P, que no diſta del punto de apoyo mas que un eſpacio, debe

be pesar tres libras, mientras la masa R, que està en la tercera distancia, no pesa mas que una.

Este Vecte, que es del tercer genero, representa tambien el del segundo, si se considera como resistencia, lo que hemos contemplado como potencia.

EXPLICACION.

Los principios, que yà quedan establecidos dexan poco que añadir, para explicar los efectos de estas dos primeras Experiencias. La accion, ò la fuerza de un cuerpo se debe medir por la cantidad del movimiento, que alli tiene, ò que tendrìa, si no estuviera detenido; la cantidad del movimiento resulta, pues, de la masa multiplicada por la velocidad. La potencia, y la resistencia no se pueden mover sobre un mismo Vecte, sino en un mismo tiempo; sus velocidades, esto es, las que tienen, ò las que tendrìan, si tuviera lugar el movimiento, no se pueden distinguir de otro modo, que por los espacios.

Si se ponen en equilibrio dos pesos de una libra sobre un Vecte horizontal dividido en dos brazos iguales por el punto de apoyo, como yà se ha visto en el primer efec-

efecto de la primera Experiencia, ſe verà, que el Vecte no puede moverſe, ſin que los dos peſos anden en un miſmo tiempo arcos iguales, ò (lo que viene à ſer lo miſmo) que tengan la miſma velocidad; la igualdad, y proporcion de las velocidades, y la igualdad de las maſas producen esfuerzos iguales; eſtos ſe deſtruyen mutuamente, porque ſe hacen en ſentidos contrarios; y eſto es lo que ſe llama equilibrio.

En el ſegundo efecto ſe vè, que una libra mantiene dos, por eſtàr el peſo colocado de modo, que llega à tener dos veces mas velocidad, que el peſo opueſto; uno de maſa multiplicado por dos de velocidad, equivale à uno de velocidad, multiplicado por dos de maſa. Es muy facil la aplicacion de eſte cálculo à los demàs efectos.

COROLARIO.

Pueſto que una potencia aplicada à un Vecte ſe và aumentando à proporcion, que ſe aparta del punto de apoyo, como ſe havrà notado en las Experiencias precedentes, ſe debe ſacar eſta conſequencia: que una fuerza muy pequeña, por medio de un Vecte de baſtante longitud, puede hacer

cer equilibrio, ò vencer una fuerza infinitamente superior. Archimedes decia, que harìa dàr una vuelta entera à todo el vasto ámbito de la tierra, si huviera un punto fixo, separado del globo terrestre; porque sentando sobre este apoyo un Vecte, cuyo brazo de parte de la potencia sobrepujasse en longitud aquel, à que se huviera atado el globo terrestre (excediesse, digo, tanto, ò mas, quanto el peso de dicho globo excede la fuerza de un hombre) es evidente, que huviera salido con su intento, por una demostracion, sin réplica; y es inutil decir, que el Vecte, de cuyo medio necessitaba para semejante operacion, no puede passar sino por un énte de razon, como tambien el punto fixo, que pedia.

APLICACIONES.

Los Vectes son de un uso tan comun, no solo en las Artes, mas tambien en la vida Civil, y en el mechanismo de la naturaleza, que se encuentran casi por todas partes, por poca atencion, que se ponga. Nos limitarémos à algunos exemplos en particular, por no empeñarnos en una relacion larga, y superflua.

Los Carpinteros, los Albañiles, y otros mu-

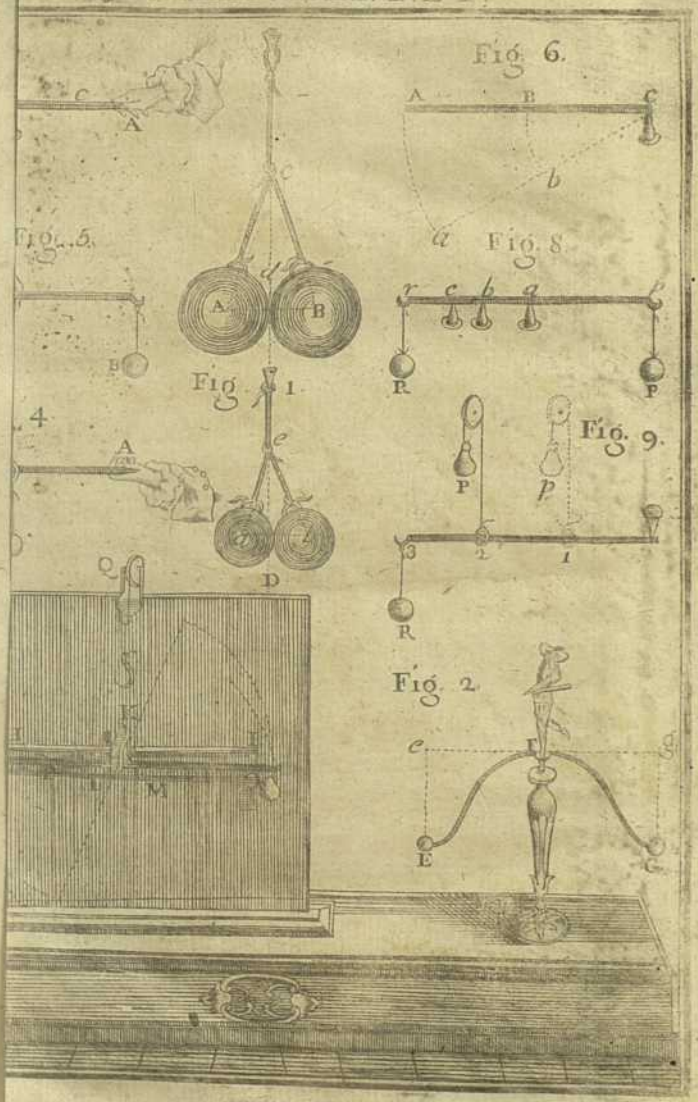


Fig. 6.
A
B
C
b
a
Fig. 5.
Fig. 8
r
c
b
a
P
Fig. 1
4
A
e
D
Fig. 9.
P
p
3
2
1
R
Q
M
Fig. 2
e
E

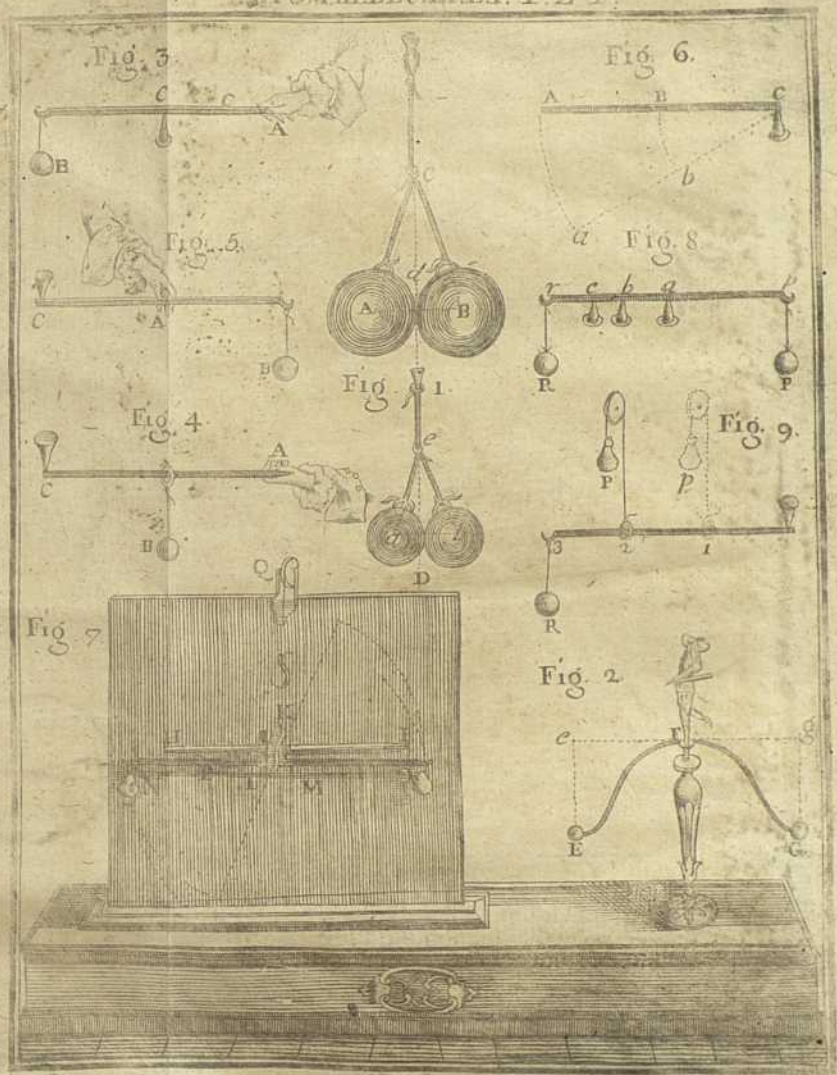


Fig. 3
Fig. 6
Fig. 5
Fig. 8
Fig. 1
Fig. 4
Fig. 9
Fig. 7
Fig. 2

muchos, que tienen que mover piedras grandes, ò algunos maderos de crecida magnitud, se sirven con mucha frequencia de una barra de hierro redondeada en casi toda su longitud, y algun tanto llana por la punta. Este instrumento, à quien ellos llaman comunmente *Piè de Cabra*, se emplèa con especialidad de dos modos. Unas veces, despues de haver metido la extremidad aplanada, que se llama tenaza, entre la pieza que se quiere mover, y el terreno en que està puesta, se hace llevar la extremidad A, (*fig.* 10.) sobre algun cuerpo fuerte; y entonces, estrivando en la otra punta de la barra B, se levanta el peso, poco à la verdad, pero bastante para dexar algun vacìo, y poner debaxo una cuerda, un rodillo, &c. lo que suele bastar las mas veces. Otras veces se abanza un poco mas la barra debaxo de la pieza, que se pretende mover; y levantando la barra, se hace el esfuerzo contra la parte C, que descansa encima. (*fig.* 11.)

El Piè de Cabra no es otra cosa, que un vecte del primer genero en el uso, que hemos dicho arriba; porque el punto A, que es el fulcro, se halla colocado entre la potencia, y la resistencia. En otro qualquiera uso es del segundo genero, porque la

resistencia se hace en el punto C, entre la potencia, y el extremo de la barra, que estriva en la tierra.

Como este instrumento sirve de ordinario para levantar grandes fardos, el punto, que sirve de fulcro, ò que recibe el esfuerzo de la resistencia, està siempre muy distante de la extremidad, que se tiene en la mano; y asi la potencia apartada siempre del punto de apoyo, mucho mas que la resistencia, logra sobre ésta una muy considerable ventaja por esta posicion.

Los remos de los Barqueros son vectes del segundo genero, cuyo extremo estriva en el agua, mientras que la potencia aplicada à la parte opuesta dirige su esfuerzo al sitio del barco en donde està sujeto el remo: dicho sitio divide la longitud del remo en dos partes, una de las quales toca el agua, mientras la otra està puesta en movimiento por los esfuerzos del Barquero. Fuera sin duda gran ventaja, que una, y otra fuessen de bastante longitud: la primera, porque correspondería à un volumen mayor de agua, y el punto de apoyo estarìa mas fixo; la segunda, porque pondria una distancia mayor entre la potencia, y el punto de apoyo; mas no faltan razones, que obligan à limitar la longitud

de

de una, y otra parte, ſegun las circunſtancias.

No ſe pueden alargar los remos de parte de la potencia, ſin exigir de ella algun movimiento ſuperior; y el de un hombre eſtà limitado à una cierta, y determinada extenſion, fuera de la qual trabaja con exceſsiva fatiga; eſto ſe puede de algun modo calcular por la maniobra de los forzados, quando quatro, ò cinco eſtàn aplicados à un miſmo remo; porque los que eſtàn en un extremo, aunque ſean de los mas robuſtos, con dificultad pueden reſiſtir algunos años en un exercicio tan violento. En los Botes, y Lanchas, en donde un hombre ſolo mueve dos remos, éſta miſma longitud eſtà limitada por la corta diſtancia, que interviene entre uno, y otro borde; porque el Barquero, que eſtà pueſto en medio de eſte eſpacio, es la potencia comun à entrambos remos.

Los remos, que ſalen mucho ácia la parte del agua, piden, y requieren una navegacion muy deſembarazada; apenas ſe puede hacer éſta en los riachuelos, ni en aquellos, que tienen muchas vueltas, y revueltas, y que eſtàn llenos de Islas, y de Rocas, como tambien en los Puertos de mucho comercio, por los muchos embarazos, que

en ellos se encuentran. Esta sin duda debe de ser la razon, por què los remos varìan de formas, y de dimensiones, siguiendo las circunstancias de los lugares, y los modos diversos de emplearlos.

El cuchillo de que se sirven los Panaderos, es tambien un vecte del segundo genero, quando estando afirmado por un extremo sobre una mesa, y moviendose al rededor de un punto fixo, recibe el impulso por el otro lado, en que està el mango, y divide el pan, que halla en medio.

Las tixeras, las pinzas, las tenazas, nò son otra cosa, que unos vectes unidos de dos en dos; el esfuerzo de la mano, ù de los dedos, que mueven las dos hojas, se deben considerar como la potencia; el clavo, ò pernio es un punto fixo comun à los dos; y lo que se corta, ò se oprime, viene à ser como la resistencia.

La Bascula es una Palanca del primer genero, la que se conoce desde luego, quando se representa una pieza larga de madera, apoyada por en medio, y cargada en sus extremidades de dos hombres, uno de los quales tira del otro, quando tocando la tierra con el piè, ù de otro modo, alivia el peso del brazo de la Palanca en que està.

Aque-

Aquellos inſtrumentos deſtinados para hacer esfuerzos conſiderables, como las tixeras grandes de los Caldereros, y Latoneros, que cortan los metales, tienen los brazos muy largos, reſpecto de la hoja, ò del filo; de eſte modo obrando la potencia por un brazo de Palanca muy largo, es capàz de vencer una reſiſtencia muy grande. Por la razon contraria en las tenazas, que ſolo ſirven para tranſportar algunos carbones, éſta ligera reſiſtencia ſe hace en las extremidades de dos brazos largos, que ſon vectes del tercer genero; el punto, en que ſe juntan con un gozne, ò por un débil reſorte, debe mirarſe como el fulcro, y la mano, que las hace mover, es la potencia.

Las tixeras, que ſirven para recortar pinturas, tienen los brazos muy largos, y muy cortas las hojas; no porque haya neceſsidad de algun esfuerzo ſuperior, para cortar el papèl delgado, ſino que como en el recorte hay ſiempre, que reſervar algunas pequeñas partes, es neceſſario, que ſe puedan detener à tiempo las tixeras; lo que ſe puede executar con facilidad, quando el movimiento de los dedos, que mueven los ojos, tiene mas extenſion, que el movimiento de las hojas.

Fi-

Finalmente, los brazos, los dedos, las piernas de los animales, son tambien otras Palancas, ò un conjunto de Palancas, por cuyo medio la fuerza de los musculos se emplèa del modo mas conveniente, y ventajoso, yà sea para transportar el cuerpo, yà para conseguir lo que le es necessario, ò util; ò yà en fin para evitar todo lo que le puede ser dañoso. Un célebre Autor (Borelli *de Motu Animalium*) ha dado à conocer por menudo en una Obra expressa, lo que hay mas digno de observarse en este admirable Mechanismo: los aficionados à la Anatomìa encontraràn en ella con que satisfacer enteramente su buen gusto.

En las dos primeras Experiencias, estando la Palanca sostenida horizontalmente, hemos empleado por potencia, y por resistencia unos cuerpos pesados, cuyos esfuerzos se hacian en direcciones verticales; esto es, que formaban angulos rectos con la longitud de la Palanca, luego que estas fuerzas comenzaban à obrar. Mas puede suceder, y sucede muchas veces, sea por la situacion de la Palanca, ò sea por la naturaleza de las potencias, que se emplean, que sus esfuerzos se hacen obliquamente; y como, generalmente hablando, toda fuerza, que obra obliquamenre, logra menor efec-

efecto, que aquella, cuya accion es directa, es muy importante conocer lo que se debe esperar de esta obliquidad en el uso de las Palancas.

Quando las direcciones de la potencia, y de la resistencia son obliquas à la longitud de la Palanca, puede suceder, que las dos lo sean igualmente: puede acontecer tambien, que estas direcciones reciban diferentes grados de obliquidad, y que una, ù otra estè mas, ò menos inclinada á la Palanca: veamos lo mas digno de saberse en estos casos.

Lo primero: El esfuerzo de una potencia es el mayor que puede ser, quando su direccion es perpendicular al brazo de la Palanca, en cuya extremidad obra. Asi el peso B (*fig.* 12.) no bastarìa para sostener al que està en A, si en lugar de pesar en la direccion *b* B, hiciera su esfuerzo obliquamente, como *b* D, ò *b* E.

Lo segundo: Dos fuerzas, que obran una contra otra por los dos brazos de una misma Palanca, guardan entre sì la misma proporcion, si sus direcciones passan de perpendiculares à ser igualmente obliquas à la Palanca. Esto quiere decir, que si los pesos P, R, (*fig.* 13.) estàn en equilibrio, subsistirà entre los dos este mismo estado, si

in-

inclinandose sus direcciones à la Palanca, permanecen paralelas entre sì como *a p*, *b r*.

Lo tercero: Si estas direcciones reciben diferentes grados de obliquidad, de suerte, que una de las dos fórme con el brazo de la Palanca un angulo mayor, ò menor que la otra; la que se apartasse mas del angulo recto *cæteris paribus*, harà la potencia mas débil. Una fuerza, que fuesse suficiente para sostener la masa Q, obrando segun la direccion P *p*, (*fig.* 14.) no lo serìa sin duda, si llegasse à salir de esta linea; y mucho menos lo serìa, si se apartasse mas, poniendose en los puntos *c*, *d*, *e*, *f*. Tres Experiencias haràn evidentes estas tres proposiciones.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 15. representa un plano bien liso, elevado verticalmente sobre una base; en F, està fixa una caxa muy parecida à la de una balanza, para que sirva de apoyo à la Palanca G H, la qual se mueve libremente sobre dos goznes: I, K, es una regla, que corre por una mortaja, llevando en su extremidad una garrucha muy mo-

ve-

vediza. Por la garganta de ésta passa una cuerda muy delgada, que por un cabo està atada à la extremidad H de la Palanca, y en el otro tiene un ganchito para sostener el peso. Por el medio de la garrucha, y de la regla movediza sobre que està fixa, se puede variar como se quiere la direccion de la cuerda, y por consiguiente la de la potencia, que cuelga de ella.

Primero se ponen en equilibrio dos pesos en direcciones perpendiculares à los dos brazos de la Palanca; y haciendose despues passar la cuerda por la garrucha, queda obliqua la direccion de uno de los dos pesos, como *a* P, ò como *a* D. (*fig.* 16.)

EFECTOS.

Quando la direccion de la cuerda no es perpendicular à la Palanca, el esfuerzo de la potencia P, no es competente para sostener el peso de la otra parte; y el equilibrio no se lograrà, hasta que la cuerda và à la direccion *a* C.

EXPLICACIONES.

Estando el peso en C, hace equilibrio à la resistencia E, porque obra directamen-

te contra ella ; pues siendo su direccion *a* C paralela à *b* E, sucede lo mismo, que si estas dos fuerzas estuvieran opuestas en una misma linea. Esta Palanca del primer genero, cuyos brazos son iguales, no hace otra cosa, que poner en oposicion estas dos fuerzas: si una de ellas E, v. g. caminasse naturalmente de abaxo arriba, y se pudiera colocar en *a*, subsistirìa del mismo modo el equilibrio, no obstante que sus direcciones permanecerìan directamente contrarias. Esta oposicion directa es una condicion absolutamente necessaria; y por consiguiente, quando una de las dos fuerzas tiene su direccion perpendicular à un brazo de la Palanca, *cæteris paribus*, es necessario, que la otra, para quedar igual con ella, fórme un angulo recto con el otro brazo de la Palanca; y si se aparta de esta direccion por una, ù otra parte, su esfuerzo no serà tan grande. Supongamos, por exemplo, que la potencia obra segun la linea *a d*, y saldrà evidente, que la resistencia E, no queda de ningun modo sostenida; y lo quedarà tanto menos, quanto la direccion de la potencia estè mas inclinada al brazo de la Palanca en que obra, ò quanto mas se apárte de la linea *a* C, perpendicular à la misma Palanca.

QUAR-

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE pondrà la Palanca G H, de la máchina representada por la *fig.* 15. en una posicion obliqua con *h i*, y se pondràn en las extremidades dos pesos iguales.

EFECTOS.

Siendo la direccion de la potencia, y de la resistencia la natural à todos los cuerpos graves, serà la misma por una, y otra parte, y formarà con la Palanca inclinada los angulos semejantes *l i* F, *h F k*: esta igualdad de angulos subsiste, aunque la Palanca tenga el grado de inclinacion, que se quisiere, y los dos pesos conservan siempre su equilibrio.

EXPLICACION.

Quando la Palanca estaba horizontal, como G H, (*fig.* 15.) la distancia perpendicular à la direccion de las potencias era la misma, que la longitud de los brazos E G, F H, igual por una, y otra parte;

mas haviendose inclinado la Palanca, como *h i*, esta distancia à la direccion perpendendicular de cada peso havrà quedado disminuìda de las cantidades *l* H, *k* G; ahora, pues, estas cantidades son iguales entre sì, y por consiguiente los restos *l* F, *k* F, conservan entre sì la misma proporcion que antes; por esta razon la inclinacion de la Palanca no ha innovado nada en el equilibrio de los dos pesos.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POR medio de la máchina, (*fig.* 15.) que ha servido en las Experiencias precedentes, se ponen en equilibrio dos pesos iguales en los dos extremos de una Palanca horizontal; asimismo se passa la cuerda, que sostiene el uno de los dos pesos por la garganta de la garrucha K, que se entra mas, ò menos, para dàr à este peso succesivamente las direcciones *a d*, *a f*. (*fig.* 17.)

EFECTOS.

Quanto la direccion de la potencia se inclí-

cline mas à la Palanca, tanto mas peso se añadirà à su masa para mantener el equilibrio con la de la otra parte: esto es, que si era de una libra, quando estaba en una direccion perpendicular à la Palanca, es necessaria libra y media, quando la direccion està en *a d*, y tres quando està en *a f*.

EXPLICACIONES.

Una vez que el esfuerzo de la potencia es el mayor, que puede ser, quando obra segun direccion *a p*, perpendicular à la Palanca, como lo dexamos yà probado en la tercera Experiencia; es consequencia necessaria, que tenga menos fuerza, quando la emplèa en otra qualquiera direccion; y como no tenia sino una fuerza igual à la resistencia, aun quando estaba en una posicion mas ventajosa; es forzoso que no sea competente, quando recibe las direcciones obliquas *a d*, *a f*. Por esta razon no se puede entonces mantener el equilibrio, sino compensando por un aumento de masa en la potencia, lo que ésta pierde por la obliquidad de su direccion.

Para formar juicio de esta diminucion, que es necessario compensar, ò para conocer quánto se debilita la potencia, por

los

los diferentes grados de obliquidad, que toma su direccion; prolonguémos estas direcciones con lineas indefinidas *a i*, *a k*. Imaginémos tambien, que el brazo de la Palanca *a c* dà vueltas sobre su punto de apoyo, y describe una porcion de circulo *a g*, *h i k*: en su longitud havrà un punto *m*, ò *n*, sobre el qual caerà perpendicularmente la direccion prolongada; y en este punto exercita la potencia toda su fuerza; mas este punto, como se vè, no està en la extremidad del brazo de la Palanca: porque su distancia al punto de apoyo es mucho menor; en una palabra, quando la direccion de la potencia es obliqua, como *a d*, es lo mismo, que si estuviera perpendicular al punto *b*; y quando obra por la linea *a f*, no tiene mas fuerza, que la que tendria, si estuviera perpendicular, digo suspensa en el punto *e*: estos puntos *e*, *b* dividen este brazo de la Palanca en tres partes iguales; y pues el otro brazo es de la misma longitud, tiene tres partes muy semejantes à éstas. Siendo la masa R de una libra, multiplicada por tres de distancia al punto de apoyo, dà tres, que es el valor de la resistencia; si suspendemos otra masa en *b*, para que sirva de potencia, es necessario, que sea de libra y media, la que mul-

multiplicada por dos de diſtancia, igualarà al producto de la otra parte; pero ſi la colocamos en *e*, la diſtancia al punto, no ſiendo mas que una, ſe neceſsitan tres de maſa para formar el equilibrio.

Eſtas maſas, libra y media, y tres libras, eſtàn, como ſe vè, en razon recìproca de las diſtancias *b c*, *e c*, que ſe proponen en ellas, y el punto de apoyo; tienen tambien la miſma proporcion con las lineas *c m*, y *c n*, de las quales la una es doble, reſpecto de la otra; y ſiendo éſtas los ſenos de los angulos *c a m*, *c a n*, ſe puede comprehender de un modo mas general todo lo que acabamos de explicar, por eſta propoſicion: *Los diferentes esfuerzos de una potencia, aplicada à la extremidad de un brazo con direcciones diferentes, ſon entre sì como los ſenos de los angulos, que forman eſtas direcciones con el vecte.*

Tambien ſe infiere de eſta propoſicion, que el esfuerzo de la potencia es el mayor que puede ſer, quando la direccion es perpendicular al vecte, como lo dexamos yà probado, Exper. 3. porque entonces forma un angulo recto P *a c*, cuyo ſeno es *a c*; eſto es, el rayo miſmo, ò el brazo entero del vecte.

APLI-

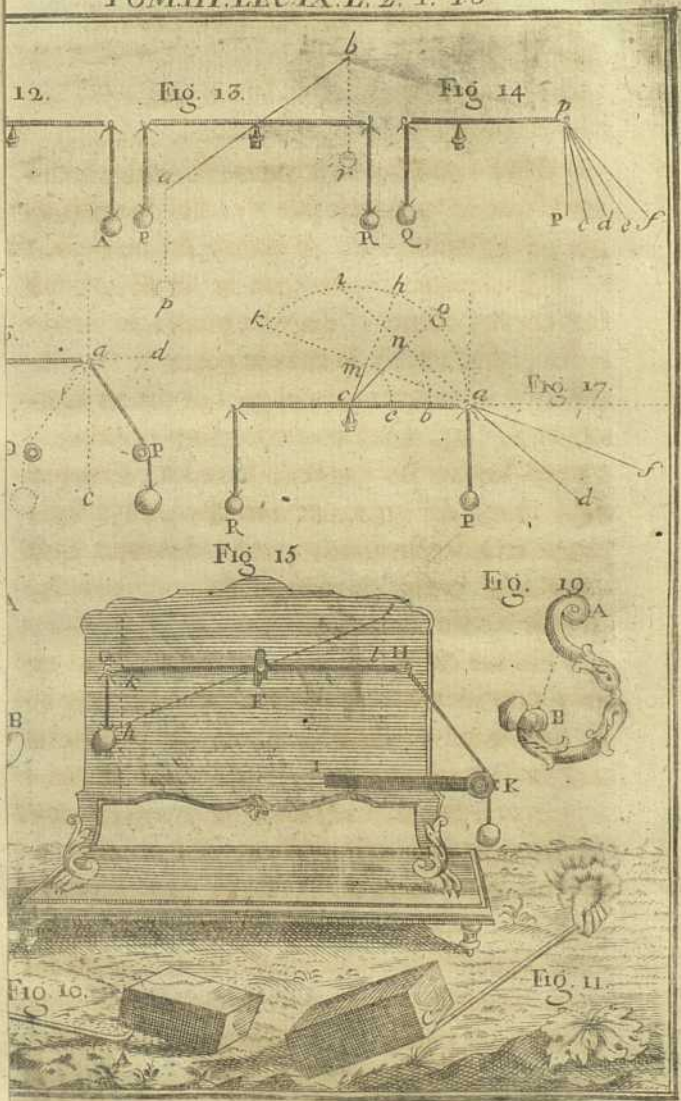
APLICACIONES.

Hay muchas máchinas, è instrumentos, que se mueven por medio de un brazo de Palanca, que se llama *Manubrio.*

Qualquiera figura que se le dè, ò yà sea curva, como el de una piedra de amolador, (*fig.* 18.) y la mayor parte de las ruedas, que se mueven con el piè; yà sea en figura de S, (*fig.* 19.) como lo son ordinariamente las de las gaytas, se reduce siempre à un brazo de un vecte derecho, cuya longitud està determinada por la distancia que interviene entre el mango B, y el ojo A, en que entra el puño.

En los casos, en que la resistencia no es muy considerable, importa poco el angulo que haga la direccion de la potencia con la linea A B; mas quando han de manejarse grandes manubrios con mucha fuerza, se percibe muy presto, que el esfuerzo con que obra, no logra una ventaja igual en todos los puntos de la revolucion. Esta desigualdad proviene de los diferentes modos con que se halla dirigida la potencia al brazo del vecte mientras està rodando: esto se percibirà facilmente, si se imagina, que el manubrio C H (*fig.* 20.)

re-


12.
Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 17.
Fig. 15
Fig. 19
Fig. 10.
Fig. 11.

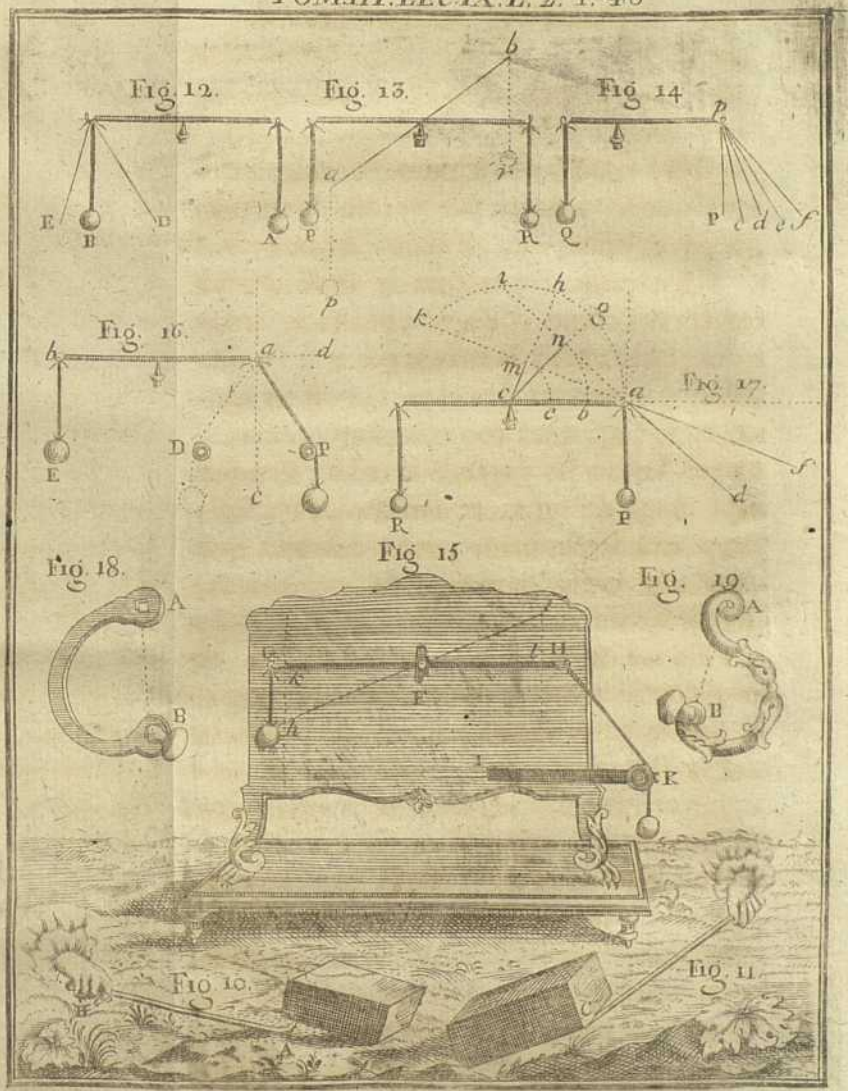


Fig. 12.
Fig. 13.
Fig. 14
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 15
Fig. 18.
Fig. 19
Fig. 10.
Fig. 11

recibe ſu movimiento circular de una regla D H, con quien eſtà unido, y que le empuja, y le tira alternativamente. Porque, ſegun lo probado en la tercera Experiencia, eſta regla obra con toda la ventaja, que puede tener, quando forma con el manubrio un angulo recto, como C H D, ò C *i k*, yà empujando, ò yà tirando. Mas quando el manubrio eſtà en los puntos *b*, ò *e*, ſe advierte, que la direccion de la potencia, repreſentada por la regla, và formando con ella unos angulos cada vez mas agudos, y que eſta obliquidad diſminuye mucha parte de ſu eſfuerzo.

Eſto que decimos de la regla D H, ſerìa preciſo decirlo del brazo de un hombre, aplicado à un manubrio, ſi no hiciera mas que tirar, y empujar en la miſma direccion; pero hace mucho mas, porque quando ſu esfuerzo ſe debilita por una direccion poco ventajoſa quando empuja, abanza ſu cuerpo de modo, que una parte de ſu peſo ſe dirige en la direccion *b f*, ò *e g*; quando tira, ſe baxa, è inclina un poco; y por eſtos medios tan diferentes corrige, por decirlo aſsi, la direccion de la potencia; y el angulo, que éſta forma con el manubrio, permanece mas abiero,

que lo ferìa ſin eſtos movimientos del cuerpo, que ſe hacen ſin reparar, aun por los obreros mas toſcos, que no han eſtudiado ſobre eſto mas lecciones, que las de la naturaleza.

Es cierto, que ſemejantes movimientos no ſe hacen ſin fatiga; y por eſſo ſe dirà ſiempre con verdad, que aquel que vuelve el manubrio, no emplèa toda ſu fuerza, ſino en ciertas partes de la revolucion. Quizàs por eſta razon en las máchinas, que ſe mueven con dos manubrios, ſe ſuele oponer la longitud del uno à la del otro, como E F, G H, (*fig.* 21.) con la mira, de que de los dos hombres, que los mueven, lógre uno una poſicion favorable, en tanto que el otro trabaja con poca ventaja; pero eſta diſpoſicion no me parece la mejor que puede ſer: mas quiſiera que los dos manubrios formaſſen à un miſmo tiempo un angulo recto, que no oponerlos directamente. Porque ſi ſe divide la revolucion entera en quatro partes, ſe puede vèr por la *fig.* 20. que un hombre, que eleva el manubrio de *l* à *m*, por la accion de los muſculos, ò que lo baxa de *b* à *n*, por el esfuerzo de ſu peſo, tiene mucha mas fuerza, que quando lo impéle de *m* à *b*, ò que lo tira ácia sì

de

de *n* à *l*: mas eſtas dos ultimas partes, aſsi como las primeras, eſtàn directamente opueſtas entre sì; y quando al miſmo tiempo ſe oponen los dos manubrios, aquellos que los hacen mover, ſe hallan à un tiempo con toda la fuerza, aunque en poſiciones no muy favorables; lo miſmo ſucederìa, ſi los manubrios formaſſen entre sì un angulo recto: uno de los dos correrìa el arco *l m*, mientras el otro paſſaba el eſpacio *m b*.

Para mudar la direccion del movimiento, ſucede muchas veces, que en lugar de emplear un vecte derecho, ò recto, ſe diſponen los dos brazos de manera, que formen un angulo en el punto de apoyo, como I K L. (*fig.* 22.) Eſtos vectes angulares, à quienes llaman tambien *manubrios*, de la figura de codo, ſe uſan con frequencia en las bombas, en las campanillas, que ſe ponen en las anteſalas, en los Reloxes, y Péndulos, y en otras infinitas ocaſiones, en que la accion del motòr no puede transferirſe, ſino por caminos nada rectos. Tienen tambien las miſmas propriedades, que una Palanca, ò Vecte derecho; porque quando ſe vuelven eſtos dos brazos diſpueſtos en eſquadra, ſe hallan obliquos à las direcciones *m l*, *i n*

de la potencia, y de la resistencia, y esta obliquidad es igual de una, y otra parte: *o* K *l*, I K *h*, son semejantes; y en una palabra, las distancias del punto de apoyo K, respecto de las direcciones perpendiculares *m o*, *i h*, estàn entre sì en las mismas proporciones, que L K, y I K.

Esto que hemos llamado hasta aqui punto de apoyo, se debe mirar como una tercera potencia, que hace equilibrio con la fuerza motrìz, ò con la resistencia, ò que concurre con alguna de las dos para sostener el esfuerzo de la otra: en los vectes del primer genero, por exemplo, el punto de apoyo sostiene el esfuerzo de dos fuerzas opuestas por una, y otra parte: en las del segundo, y tercero genero no sostiene mas que una parte de una de ellas.

A la verdad, no es siempre un punto fixo, è inalterable el que sirve de apoyo: las mas veces son cuerpos flexibles, ò que se pueden deshacer, ò cuerpos animados, cuya resistencia no està expuesta à las pruebas de qualquiera esfuerzo. Quando una viga, por exemplo, descansa por sus extremos sobre los dos muros de un edificio, su proprio peso, ò aquel de que està carga-

gada, los harìa venir abaxo, ſi no eſtuvieran fabricados con ſuficiente ſolidèz. Las beſtias, que conducen los fardos, ù otro qualquiera peſo, caen oprimidas de la carga, ſiempre que éſta excede à ſus fuerzas. Es, pues, muy importante ſaber la carga del punto de apoyo, ò de lo que hace ſus veces, quando otras diſtintas fuerzas obran una contra otra en un miſmo vecte, à fin de ponerlo en proporcion con el esfuerzo, que debe ſoſtener; y como eſte punto de apoyo puede ſer de tal condicion, que no pueda reſiſtir igualmente à todas ſuertes de direcciones, ſe debe examinar tambien el modo con que ſe dirige el esfuerzo, que ſoſtiene, por las diferentes direcciones, que ſe pueden dàr à la potencia, y à la reſiſtencia. Yà hemos viſto, que la accion de qualquiera potencia, aplicada al brazo de un vecte, reſulta de dos coſas. La primera, de la maſa, ù del peſo equivalente à ella, yà ſea un reſorte, el esfuerzo de un animal, ò qualeſquiera otra fuerza, que no obra en virtud de ſu peſadèz. La ſegunda, de ſu diſtancia al punto de apoyo; y yà hemos dado à conocer el ſitio, deſde el qual ſe ha de contar eſta diſtancia, Experiencia 5. (*fig.* 17.) El esfuerzo, que proviene de la maſa, que ſe puede llamar abſoluto, es limi-

mitado : una libra , ò la accion de la potencia equivalente à una libra , quando pesa en el brazo de un vecte, en la direccion mas ventajosa , solo puede hacer equilibrio à un peso igual , que le estè opuesto con las mismas circunstancias ; mas el esfuerzo, que proviene de la distancia al punto de apoyo , puede crecer *ad infinitum* ; de modo , que si uno de los dos brazos es cien veces mas largo , que el otro , una libra llegarà à equivaler à ciento : quál , pues , serà el peso sobre el punto de apoyo : lo primero , haviendo equilibrio con igualdad de masas : lo segundo , si las masas , ò las fuerzas estàn en equilibrio por la desigualdad de sus distancias al punto de apoyo?

Para responder à la primera question, digo , que si las direcciones de la potencia, y de la resistencia son paralelas entre sì , el punto de apoyo se halla cargado de la suma de dos fuerzas absolutas ; y su esfuerzo se hace con una direccion paralela à las de la potencia , y resistencia.

Pero si las direcciones de dos fuerzas opuestas estàn inclinadas una à otra , el punto de apoyo no llevarà mas que una parte de su esfuerzo absoluto ; serà tanto menor , quanto fuere mayor la inclina-

cion

cion de las direcciones à la Palanca, ò Vecte; y su resistencia tirarà al punto de concurrencia de estas dos direcciones: dos Experiencias serviràn para aclarar, y probar el assunto.

SEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN la otra cara de la máchina, representada por la *fig.* 15. estàn fixadas à dos pulgadas de distancia del plano las garruchas A, y B, (*fig.* 23.) las quales se mueven sobre los exes: por medio de ellas se suspende horizontalmente un vecte de acero D E, que se mantiene en equilibrio con dos pesitas *p r*.

En el peso C se pone otro peso de quatro onzas; y en los cabos de las cuerdas otros dos pesos, P, R, de dos onzas cada uno.

EFECTOS.

Dispuesto todo como se ha dicho, el peso, que està en C, mantiene en equilibrio los dos pesos P, R: si se quitan las dos pesitas *p*, *r*, el peso de quatro onzas ba-

baxa por la linea C I, y sube por el contrario por la linea C F, si se añade igualmente à las masas P, R.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ESta Experiencia se prepara como la precedente con sola la diferencia, que el vecte I K (*fig.* 24.) es mas corto que D E; y que el peso L no es mas que de tres onzas.

EFECTOS.

Siendo obliquas al vecte las dos direcciones K N, I Q de las dos potencias P, R, à qualquier grado de obliquidad, que se pongan, el peso L es siempre menos, que de quatro onzas, para hacer equilibrio à los otros dos, que pesan cada uno dos onzas; si las direcciones K N, I Q estàn menos obliquas al vecte, como N O, Q S, es necessario aumentar la masa L, para conservar el equilibrio; y quando este peso baxa, ò sube, serà siempre por la linea L M.

EX-

EXPLICACIONES.

En eſtas dos ultimas Experiencias ſe puede mirar el peſo P, como la potencia: R, como la reſiſtencia; y la maſa que eſtà ſuſpenſa en el punto C, ò L, como el valor del esfuerzo, que ſe hace en el punto de apoyo, quando eſtà todo en equilibrio; porque es evidente, que ſin eſte ultimo peſo, el vecte irìa de abaxo arriba por las otras dos potencias. Ahora, pues, ſe neceſsitan las quatro onzas en el punto C, quando las dos maſas P, R, tienen cada una dos onzas, y ſus acciones eſtàn en las direcciones perpendiculares al vecte, como A D, B E. (*fig.* 23.) Por eſta razon hemos dicho yà, que en iguales circunſtancias el punto de apoyo ſe halla cargado de la ſuma totàl de la potencia, y de la reſiſtencia; y pues el peſo, que repreſenta el esfuerzo del punto de apoyo, ſe mueve en la linea I F, quando llega à ſer mas fuerte, ò mas débil; es prueba evidente, que obra ſiguiendo eſta direccion, la qual, como ſe ha notado arriba, es paralela à las de la potencia, y reſiſtencia.

En la otra Experiencia ſe puede vèr tambien la prueba de lo que acabamos de

decir; el peso, que basta para detener el punto L, del vecte contra los esfuerzos, que se hacen en I, y en K, no es jamàs de quatro onzas, como es necessario, que lo sea, siempre que las direcciones de las potencias son perpendiculares al vecte; lo qual prueba bien, que el punto de apoyo no està cargado de la suma entera de las dos masas P, R: y debe ser asi; pues como queda probado, y explicado, la accion de una potencia està tanto mas disminuìda, quanto su direccion es mas obliqua al brazo del vecte, por cuyo medio obra: en fin el esfuerzo del punto de apoyo se dirige al punto M; porque en èl se reùnen, por sus tendencias, las dos fuerzas, à quienes resiste.

Por lo que mira à la segunda question, es à saber, quál sea el esfuerzo, que se hace sobre el punto de apoyo, quando la potencia, y la resistencia se ponen en equilibrio, por las distancias desiguales entre sì, y el punto de apoyo: digo, que este esfuerzo no se halla jamàs mayor, que la suma de las fuerzas absolutas, ò de las masas, que estàn opuestas; esto es, que si el peso de una libra sostiene uno de doce, porque obra por un brazo del vecte, que es doce veces mas largo, que el otro, el pun-

punto de apoyo no puede hallarſe cargado mas que de trece libras, y no de catorce, y ſu esfuerzo ſe dirige, como en los caſos precedentes, paralelamente à las direcciones de las fuerzas, que ſoſtienen, ſi eſtas direcciones eſtàn paralelas entre sì; ò directamente al punto de ſu concurrencia, ſi eſtàn inclinadas una à otra.

OCTAVA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SObre una miſma baſe A B (*fig.* 25) ſe elevan dos pilares, que corren por dos mortajas, de modo que ſe pueden acercar, y apartar el uno del otro: C, C ſon dos garruchas, ſobre cada una de las quales paſſa un cordoncito, que ſoſtiene una barreta de acero E E, por medio de dos peſitas D, D: la pieza F G es una barreta de hierro, que tiene una mueſca, como à $\frac{3}{4}$ de ſu longitud, y por medio de un peſo, que hay en F, ſe pone en equilibrio conſigo miſma, y con las peſitas D, D, que ſe aumentan lo neceſſario para eſte efecto.

Primeramente ſe ſuſpende en F un peſo de ſeis onzas; en G otro peſo de dos onzas; y ſe añaden à los contrapeſos, que

estàn en D, D dos masas de quatro onzas cada una. Vease la figura veinte y seis, en donde se han representado por las letras de los mismos nombres, aquellas cantidades, que interessan solamente la theorica.

EFECTOS.

En la figura, que acabamos de disponer se encuentra el equilibrio en todas partes. Primero: Entre las dos masas desiguales aplicadas al vecte *f g*. Segundo: Entre este vecte cargado de este modo, y los dos pesos *d*, *d*, que sostienen el punto de apoyo *e e*, ò que (para decirlo mejor) representan su esfuerzo; mas si se levantan un poco estos dos ultimos pesos, presto bajarà el punto de apoyo por la linea *e* K.

NONA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

APartense los dos pilares de la máchina arriba dicha, (*fig.* 25.) de modo, que la direccion de la cuerda por ambas partes venga obliqua, como *c e*, *c e*, (*fig.* 27.) Puesta tambien la barreta *f g* en

la

la tercera parte de la longitud de la regla de acero *e e*, ſe ponen en L, y en M las maſas neceſſarias para tenerlo todo en equilibrio.

EFECTOS.

En eſte caſo el peſo L ſe halla de ocho onzas, y el que eſtà en M de quatro; lo que hace en ſuma doce onzas de maſa, y quando eſta cantidad ſe diſminuye, ò ſe levantan eſtos dos peſos, baxa el punto de apoyo H, ſiguiendo la linea HI: lo que facilmente ſe percibe, ſi ſe le pone por detràs un hilo à plomo. Lo miſmo ſucede, ſi ſe coloca en H un peſo de ocho onzas, en lugar del vecte *fg*, cargado de ſus dos peſos.

EXPLICACION.

En la Experiencia octava hay equilibrio entre una maſa de ſeis onzas, y otra de dos; porque eſta, que ſolo es la tercera parte de la otra, eſtà tres veces mas diſtante del punto de apoyo; y yà hemos viſto, que en tales caſos el exceſſo de velocidad de una parte, compenſa el exceſſo de maſa de la otra: pero aunque una potencia ſe aumente à proporcion que ſe alarga el brazo del vecte, no parece que eſte aumento muda

de

de algun modo el punto de apoyo; pues el esfuerzo, que se hace en *g*, (*fig.* 26.) aunque equivalente al peso de seis onzas, que pesa en *f*, no produce de ningun modo en *e* la suma de doce libras, sino solamente la de ocho, expressada por los pesos *d*, *d* de quatro onzas cada uno, è igual à las dos masas, que estàn en equilibrio al brazo del vecte *f g*. Esto mismo se prueba aún mas directamente por la Experiencia nona; (*fig.* 27.) porque substituyendo en H un solo peso, que iguale en masa al del vecte cargado, subsisten todavia los mismos efectos. Si ninguna cosa sostuviesse al vecte, (*fig.* 26.) y no obstante las dos potencias permaneciessen en equilibrio entre sì, y perpendiculares à las extremidades *f*, y *g*, es evidente, que todos los puntos comprehendios entre estos dos ultimos, caerìan por lineas paralelas à las de la potencia; y esto es lo que vémos suceder, quando se elevan algun tanto los dos pesos *d*, *d*: el punto de apoyo baxa por la linea *e* K, y esta linea manifiesta su tendencia de abaxo arriba, ò la direccion de su esfuerzo.

Se puede decir tambien, que si estas potencias cediessen de una, y otra parte al esfuerzo, que se hace en el punto H, (*fig.* 27.) con tal que en la cession no mudassen su

pro-

proporcion, las dos extremidades del vecte describirìan baxando las paralelas *e* N, *e* O, y el punto de apoyo se hallarìa siempre en la linea H I. Luego su esfuerzo se hace en aquella linea, en que se juntan las direcciones de las potencias, quando estàn inclinadas entre sì.

APLICACIONES.

Supuesto que puede saberse quánto esfuerzo se hace sobre un apoyo, ò sobre lo que hace sus veces, quando se conoce el valor absoluto de las potencias, y sus direcciones respecto del vecte, por cuyo motivo obran; se pueden prevenir los accidentes, que podràn originarse de las despropoſiciones, ò aprovechar las fuerzas, que se tendràn por insuficientes, si no se saben aplicar con aquella ventaja, que pueden tener.

Pongase, por exemplo, una carga de 200. libras en medio de un vecte, cuyas extremidades descansen sobre las espaldas de dos hombres: estos dos apoyos sostendràn el fardo, si cada uno de los que lo llevan es capàz de mantener 100. libras: pero si el uno de ellos no puede llevar mas que 50, aun quando el otro pudiera llegar à un esfuerzo de 150. libras, no por esso dexarìa

de

de rendirse el mas flaco, mientras el fardo se hallasse à iguales distancias entre èl, y su compañero; y los dos serìan inutiles para la obra que se intentaba. Mas si la carga se coloca mas lexos del mas flaco, y los brazos del vecte yà desiguales quedan en razon recíproca de los esfuerzos, de que son capaces los dos hombres; se verà, que el fardo queda entonces sostenido, como quedára desde luego por otros dos hombres, cuya fuerza pudiesse separadamente sostener el peso de 100. libras.

Quando un Carpintero lleva una vigueta, siempre la carga sobre su espalda, por el medio de su longitud; llevandola del modo dicho, no lleva mas peso, que el de la pieza de madera; porque los extremos, que sobresalen por una, y otra parte, se hacen mutuamente equilibrio: y el punto de apoyo solo està cargado de la suma total de las dos masas. Pero si la pusiera à las dos terceras, ò à las tres quartas partes de su longitud, se verìa precisado, para impedir la caìda, à sostenerla con sus brazos por el extremo mas corto; y este esfuerzo serà equivalente à un peso, que haga equilibrio con el excesso de longitud, que la viga tenga por la parte opuesta: la espalda, pues, que và cargada, llevarìa en tal caso toda esta carga de mas.

Es-

Eſtos dos exemplos, que acabo de exponer ſon tan ſimples, y ſe vèn tan frequentemente, que la mayor parte de aquellos miſmos, que nos dàn el fundamento para obſervarlos, ſuplen el raciocinio con ſola la coſtumbre, y con el miſmo inſtinto de la naturaleza. Mas no obſtante, hay innumerables caſos, en los quales es neceſſario eſtàr muy inſtruìdos, y reflexionar; y en los que no ſe ſale con acierto, ſino por una mediana aplicacion de eſtos miſmos principios, de quienes unicamente tenemos por naturaleza una idèa muy confuſa.

Por eſto, ſi no ſe reflexiona algun tanto ſobre eſtas leyes de la naturaleza, no podremos dàr razon de un numero caſi infinito de precauciones, y de uſos, que adoptamos deſde la cuna, ò que ſolo deben ſu nacimiento à nueſtras neceſsidades, y aun à la induſtria.

Por què un hombre, por exemplo, que tira de un barco, ò de algun fardo atado al extremo de una cuerda, ſe inclina antes con el cuerpo? La razon es, porque junta à la accion de los muſculos una parte del peſo de ſu cuerpo, para vencer la reſiſtencia contra quien obra. Mas ſi le falta el punto fixo, ò ſi el que tiene no lo es baſtante, yà ſea por ſu naturaleza, yà por una direccion

poco ventajosa, ò si camina por un plano movedizo, ò por un terreno resvaladizo, ò inclinado; todas estas causas, que se reducen unicamente al defecto del apoyo, hacen inutiles sus esfuerzos, ò disminuyen no poco los efectos.

Para precaver, pues, los inconvenientes de esta classe, es bello arbitrio poner cantidad de ceniza, ò estiercol sobre los parages frequentados, que estàn cubiertos de yelo, y en los Inviernos rigurosos se suelen poner puntas en las herraduras de los caballos: lo que llaman por otro nombre: *Herrar de ramplon* (Sobrino Diccionario Español, y Francès.) Sin esta punta, ò talòn de que se suele usar en las Galochas para picar el yelo, en què parte pudieran tomar el punto de apoyo, para arrojarse por un plano, cuya ventaja mas considerable es la de no tener desigualdad alguna, que pueda detener el pie? Los Pueblos del Norte, acostumbrados por lo comun à caminar sobre el yelo, caminarìan sin duda sobre un apoyo nada fixo, si no tuvieran la precaucion de ponerse en los pies una especie de raquetas mucho mas anchas, que la suela de los zapatos; de este modo se apoyan caminando sobre una parte mayor del plano, y esto suple el defecto de solidèz.

Quan-

Quando los caballos tiran un coche cueſta arriba, es cierto, que lo que les fatiga no es ſolamente el peſo de la carga, que entonces eſtà menos ſoſtenida por el terreno, ſinò la inclinacion del terreno, que les preſenta el punto de apoyò, en una direccion muy obliqua à la del esfuerzo; porque encorbandoſe ſus piernas contra el terreno, ſe inclinan en el miſmo ſentido que èl; y ſe percibe bien, que quanto mas ſe acercan al paraleliſmo, tanto menos apoyados ſe hallan los pies. Por eſta razon ſe uſa muchas veces en eſtas eſpecies de caminos hacer ciertas deſigualdades, que faciliten la conducion; parecidas con corta diferencia à las gradas de nueſtras eſcaleras, que preſentando un plano horizontal al esfuerzo del pie, que ſe hace en una direcion caſi vertical, reſiſten mucho mejor, que lo pudieran hacer las porciones del plano inclinado, en que eſtàn fundadas.

Los Torneros deben ſaber la importancia, y neceſsidad de que un vecte eſtè bien apoyado, para ſoſtener los esfuerzos opueſtos de la potencia, y de la reſiſtencia; porque què otra coſa es un eſcoplo, una guvia, ò un burìl, ſino un pequeño vecte del primer genero, apoyado ſobre un torno, y cuyo corte, ò punta lleva el tornero contra un

pedazo de madera, de cobre, de hierro, &c? Si el torno no està muy firme por sì mismo, si no està proporcionado para los esfuerzos, que debe sostener, si su posicion, ò la de la herramienta, que sostiene, dà à su resistencia una direccion poco ventajosa, resultan, como lo acredìta la experiencia, muchos malos efectos; porque las materias duras se tornéan con hondas; (lo que ordinariamente llaman *desbastar*) las mas blandas se redondean imperfectamente, la herramienta se trava, y dà en falso: En una palabra, es defecto essencial en un torno, quando à lo que debe servir de apoyo à las herramientas, le falta solidèz, ò movimiento necessario, para dárle las direcciones mas convenientes; y en fin el que no sabe colocar el torno ventajosamente, en vano se tendrà por tonero diestro.

DE LAS MACHINAS compuestas de vectes, ò que obran como tales.

LOS vectes entran en la construccion de un numero tan excessivo de máchinas, que no serà facil examinarlas todas en una relacion exacta. Los Autores, que

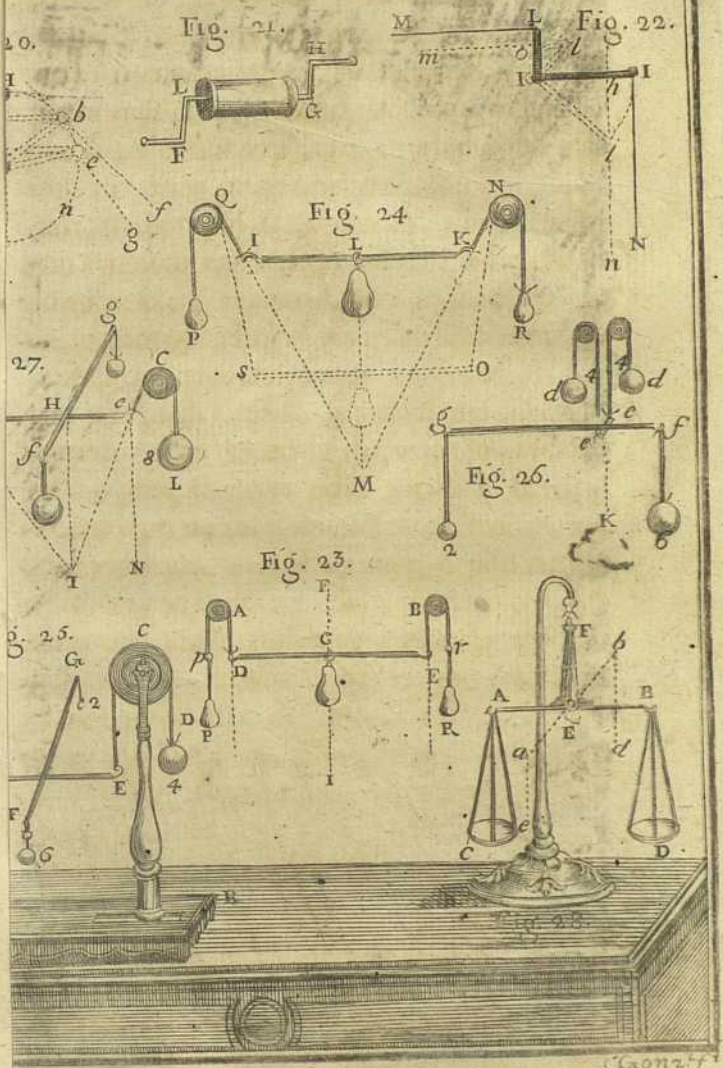


Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 24
Fig. 26.
Fig. 23.
Fig. 25.
Fig. 28.
Gonzy.

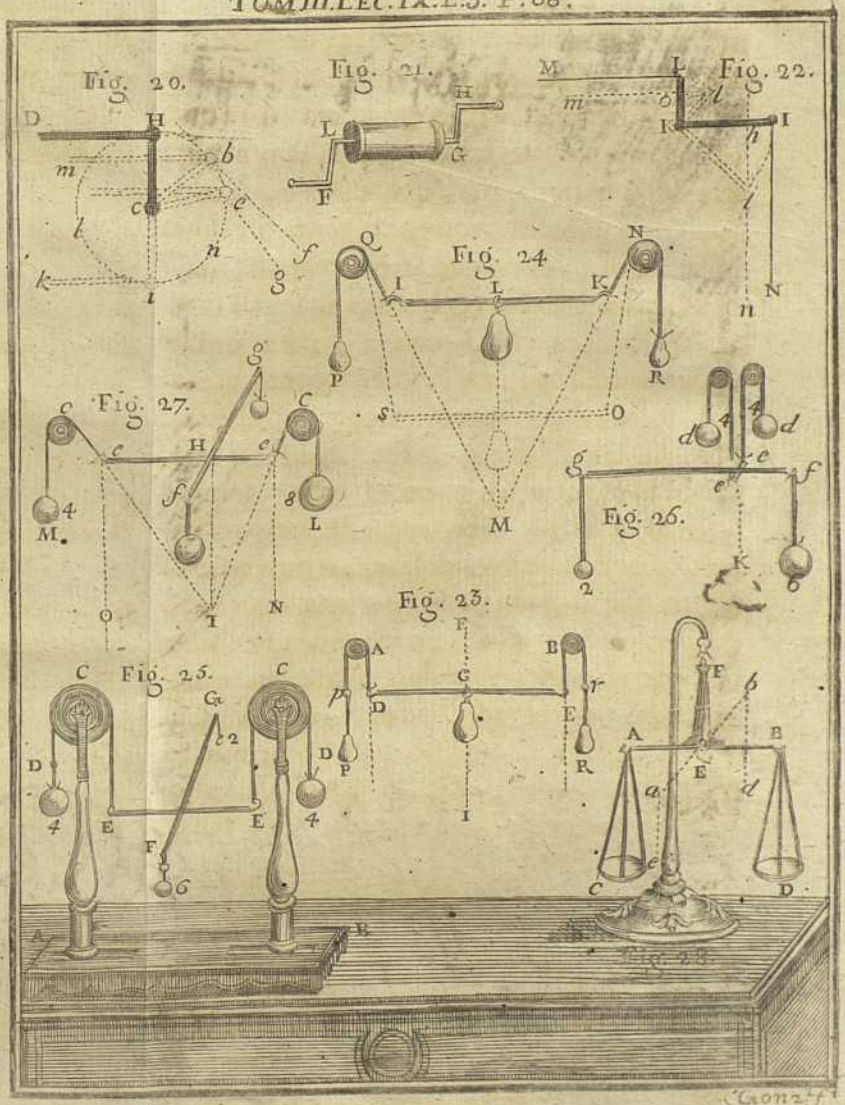


Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 24
Fig. 27.
Fig. 26.
Fig. 23.
Fig. 25.
Fig. 28.
Gonzf.

que mas ampliamente han tratado de máchinas, ſe han diſpenſado con razon de eſte examen tan ſuperfluo, contentos ſolo, deſpues de eſtablecer los principios, con manifeſtar por algunos exemplos ſelectos, la aplicacion, que ſe ha hecho de ellos à las Artes: los límites, à que nos hemos ceñido, piden, que en eſte punto guardemos alguna mas moderacion; por lo qual ſolo hablarémos aqui de aquellas máchinas menos compueſtas, y de aquellas tan poco diſtantes de la ſimplicidad del vecte, que ſe cuentan muchas veces en el numero de las máchinas ſimples.

DE LA BALANZA COMUN, y de la Romana.

LA balanza ordinaria repreſentada por la *fig.* 28. es una máchina, de que ſe uſa para poner en equilibrio dos cantidades iguales de materia, de ſuerte, que conocido el peſo de la una, ſe ſepa tambien por eſte medio, quánto peſo tiene la otra.

Deſde luego ſe conoce ſin dificultad, que eſta máchina ſe compone de una verga A B, cuya longitud eſtà dividida en dos partes iguales por un exe; de dos platos C D, ſuſpendidos en las dos extremidades de

los

los brazos de la verga, y de la caxa E F, que sirve de apoyo al exe, en donde se halla el centro del movimiento.

Esta balanza no es mas que un vecte, dividido por su apoyo en dos partes iguales, ò brazos, y cargado de los esfuerzos de una potencia, y de una resistencia, cuyas direcciones estàn paralelas entre sì, y perpendiculares à su longitud, quando està horizontal, como A B; ò formando con ella iguales angulos de una, y otra parte, quando està inclinada, como *a b*: de modo que si fuera possible hacer una balanza de una materia inflexible, y sin pesadèz, tuvieramos muy poco que añadir à lo que yà dexamos dicho, y probado antecedentemente. Mas como la necessidad obliga à formar la balanza de alguna materia dura, como de hierro, ù de cobre, y à dárle una figura, y unas dimensiones, que la impidan el doblarse, muchas veces se olvida lo que prescribe la theorica; por lo qual me parece muy del caso examinar en pocas palabras lo que puede hacer una balanza cabal, ò defectuosa.

Las calidades essenciales de una balanza son primeramente tener un movimiento facil, esto es, que la mas corta diferencia entre las dos cantidades de materia de que se halla cargada, hagan caer la balanza, à fin de

de que ſe pueda mirar el eſtado de ſu equilibrio, como indicio cierto de una perfecta igualdad, en las maſas de una, y otra parte. Lo ſegundo: Que ſus brazos eſtèn ſiempre enteramente iguales; porque ſi no lo eſtàn, no ſeràn iguales las diſtancias del punto de apoyo al de ſuſpenſion, en que ſe hacen los esfuerzos de las potencias: y dos maſas iguales no podràn ponerſe en equilibrio. Lo tercero: Que los brazos eſtèn en una miſma direccion; porque de otra ſuerte ſerà muy dificil juzgar, ſi forman iguales angulos de ambas partes, con las direcciones de las potencias. No ſerà facil conciliar à un miſmo tiempo eſtos tres puntos de perfeccion; porque en la conſtruccion del inſtrumento ſe encuentran muchas dificultades, que vencer, y aun en el uſo miſmo una balanza pide mucha atencion; y ſin ella, aun la mas exacta dexarà de ſerlo.

La mobilidad de una balanza depende principalmente de tres coſas; conviene à ſaber, de la mayor, ò menor frotacion, que ſe hace en el exe; porque yà ſe ſabe, que eſte es obſtáculo grande para el movimiento: de la poſicion del centro de gravedad, el qual ſe puede colocar fuera del centro de movimiento, y de la longitud de los brazos; porque un peſo muy pequeño puede hacer

un

un esfuerzo grande estando muy distante del punto de apoyo.

Para hacer mas movediza una balanza por la diminucion de la frotacion, es necessario, que la pression en el punto de apoyo sea la menor, que sea possible; por esta razon se hace tan ligero el plato de las balanzas en que se pesa el oro, en las quales se necessita una grande mobilidad; pero es necessario tener mucho cuidado no suceda, que por ser muy débil, se doble con la carga de los platos; porque su curvatura tendrìa otros inconvenientes, de que harémos muy presto mencion. Tambien para disminuìr la frotacion del exe se suele hacer en forma de cuchillo; y esta práctica es muy buena, con tal que el agugero en que se mueve, sea tan duro, y consistente como èl; porque de otra manera, ò se abollarìa con el tiempo, ò se mellarìa; y en vez de aumentarse su mobilidad, se disminuirà considerablemente.

Si la verga de la balanza està suspensa por el centro de su gravedad, sus dos brazos estaràn siempre en equilibrio, en qualquiera situacion que se coloquen; y por poco peso que se añada de mas al uno que al otro, caerà immediatamente.

Esta extrema mobilidad es incómmoda en la práctica ordinaria, por ser necessario

mu-

mucho tiempo, y mayor atencion para cargar los platos con una igualdad tan perfecta, como se necessita para tenerlos en equilibrio; por esto hay la costumbre de poner el centro del movimiento sobre el de gravedad. Se puede vèr por la *fig.* 29. el cuidado que ha de tenerse en esta correccion, que no es otra cosa, hablando con toda propriedad, sino una imperfeccion puesta con cuidado; porque si el triangulo A B C, representa una verga de una balanza mobible sobre el punto C, y que se hace tomar una situacion inclinada como *a b*; el centro de gravedad, que està en linea C D, quando los dos brazos estàn en un plano horizontal, se hallarà entonces en la linea C *d*, y harà esfuerzo para llegar à la linea vertical, que dexò; y si està libre para llegar, la celeridad de su caìda le harà pasar adelante, y llegarà à *f*: esta es la causa de aquellas vibraciones, que se observan en todas las balanzas, y que no tendrian lugar, si el centro de gravedad no estuviera mas abaxo, que el centro de movimiento.

Yà que dichas balanzas no se pueden inclinar, sin que el centro de gravedad pierda su lugar, y que esta pérdida no se puede hacer sin un esfuerzo particular, es evidente, que esta construccion quita à la ba-

lanza una parte de su mobilidad, y que no debe apartarse el centro del movimiento, sino lo menos que se pueda, del de gravedad; y mas quando este instrumento debe servir para pesar preciosas mercancias, en que aun las menores cantidades son de mucho interès.

La longitud de los brazos contribuye tambien à la mobilidad de la balanza por la razon, que hemos dicho: este solo medio pudiéra por sì mismo hacer sensible el peso de la porcion mas pequeña de materias; pero un plato de balanza solo puede adquirir una longitud mas grande, haciendose, ò mas pesado, ò mas flexible; y uno, y otro tiene inconvenientes; aquel, porque aumenta la frotacion por la mayor presion del exe; y éste, por las razones que acabamos de decir.

La segunda condicion, que pedimos para hacer una balanza exacta, es, que sus dos brazos estèn perfectamente iguales; pero no basta que lo estèn precisamente quando se hace el instrumento; han de estàrlo tambien en el uso. Si la verga no tiene la dureza necessaria se encorva muchas veces con la carga de los platos; y esta curvatura, por pequeña que sea, disminuye la mobilidad, y dexa mucha incertidumbre

en

en los efectos de la balanza. Porque, primeramente, si la linea recta A B (*fig.* 30.) se hace como *a* C *b*, las curvaruras de una, y otra parte se reducen à dos lineas rectas *a* C, C *b*; y forman con la linea *a b* un triangulo, à quien se puede aplicar lo que se ha dicho del que està representado por la *fig.* 29. Lo segundo, las direcciones de las potencias *a f*, *b g* no forman angulos rectos con los brazos curvos de la balanza. A la verdad, esto no serà inconveniente, si estos angulos, aunque diferentes de lo que eran, son siempre semejantes entre sì; y para asseguarse de ello, se eleva el fiel sobre el medio de la balanza en angulos rectos. Si la caxa esta suspendida libremente, toma por sì misma una direccion vertical, que hace conocer quándo el fiel està perpendicular al plano del horizonte; y entonces se percibe, que los dos brazos de la balanza forman angulos semejantes con las direcciones de las potencias, de que estàn cargados; pero esto supone, como se vè, ò que la balanza ha permanecido derecha, ò que se ha encorvado igualmente por una parte, y otra; porque si la parte C *b* se ha encorvado mas que la otra parte, la linea serà menor, que *a* C, y su inclinacion no serà la misma.

Esta diferencia de inclinacion, que se debe temer, si la balanza es flexible, y la dificultad de conocer el mas, y el menos en la práctica, son las razones sobre que fundo la tercera condicion: si yà por la eleccion de la materia, yà por el modo de trabajarla, por una figura, ò por unas dimensiones bien dispuestas, se construye una balanza de manera, que sus brazos sean inflexibles, sin perjudicar à las otras calidades necessarias, estaràn siempre en una misma direccion, y su equilibrio dependerà unicamente de la igualdad de las masas de que se cargassen; no obstante, esto solo debe entenderse de la verga, quando no tiene el peso de los platos; porque los puntos de suspension mudan de lugar, quando la verga se inclina; y por esta razon una de las potencias se acerca, y la otra se aparta del punto de apoyo, como se verà por la *fig.* 31.

Sean, por exemplo, A, B, los agujeros de donde cuelgan los ganchos, ò anillos, que mantienen los platos del peso: mientras la verga està horizontal, los puntos de suspension estàn en *a*, y en *b* à iguales distancias del centro del movimiento; mas si se inclina como D E, resbalan los anillos, y uno de ellos se halla en *d* mas

le-

lexos, y el otro en *e*, mucho mas cerca que antes, respecto del centro de movimiento. Por esta razon, quando la verga està sola, hace mas vibraciones, que quando està cargada de sus platos: sobre todo, si se inclina considerablemente, porque entonces pierde enteramente su equilibrio.

Se puede observar tambien, que aunque ordinariamente se hacen grandes los agugeros para dàr mas libertad à los anillos, aunque sus centros estèn en la misma linea, que el de la verga, los dos brazos de la balanza, que son (hablando propriamente) las dos lineas *a c*, *b c*, no por esto se hallan en la misma direccion: y se ha de poner en esto mucho cuidado quando se hacen las balanzas; pues solo esto puede ser causa de que el centro de gravedad se hálle muchas veces fuera del centro del movimiento.

El fiel, que se pone sobre el peso para conocer quándo està en una direccion horizontal, pesa en parte sobre uno de los dos brazos, quando se inclina la balanza, como parece por la *fig.* 32. y por esta razon, siempre que passa de la linea vertical de una parte, ù de la otra, serìa causa de algun yerro, si no se previniera este inconveniente con un contrapeso *h i*, que se colo-

loca en la parte opuesta debaxo de la verga; mas este contrapeso solo evita una parte del inconveniente, si su peso no es perfectamente igual al del fiel: lo que no es facil, quando la verga *m n*, el fiel *k l*, y el contrapeso *h i*, son de una misma pieza, como se hace ordinariamente.

La balanza mas exacta podrà no serlo, por no saber usar de ella: podrà v. g. faltarle la libertad del movimiento, y quedar falsa por la desigualdad de sus brazos, si no se proporcionan à la fuerza de la verga las masas, con que se cargan sus platos; porque entonces una grande presion en el exe, serìa causa de una grande frotacion, y los brazos podrian encorvarse, lo qual equivaldrà à los muchos defectos, que suelen nacer de una construccion perversa. Havria tambien mucho riesgo de juzgar equilibrio en lo que tal vez no lo havia, si por estàr mal colocada, ò poco libre la caxa, no tomaba una direccion vertical; porque entonces pudiera el peso no estàr horizontal, sin que se percibiesse; y en esta posicion, como se puede haver observado por lo que queda dicho arriba, se puede temer menos equivocacion; pero no por esso dexarà de haver alguna, porque se puede hacer una balanza falsa, que conserve la propriedad de es-

estàr en equilibrio consigo misma en una direccion horizontal: uno de los dos brazos puede ser mas corto, pero tambien mas pesado que el otro; y entonces, miéntras los platos estàn vacìos, subsistirà el equilibrio; mas si estàn cargados de cantidades iguales de materia, el que estuviere suspendido en el brazo mas largo, tirarà del otro: porque los pesos iguales no pueden estàr en equilibrio, sino en iguales distancias del punto de apoyo.

La Romana, que està representada en la *fig.* 33. es tambien un vecte del primer genero, el qual se diferencia de la balanza ordinaria, en que pone en equilibrio dos potencias muy desiguales entre sì; un solo peso P, que se cóloque en diferentes distancias del exe, ò punto de apoyo C, sirve para pesar cantidades muy desiguales entre sì, que se cuelgan en el gancho R; porque estando yà graduado el brazo del vecte CH, y conocida la potencia P, se sabe quánta resistencia tiene la mayor masa, por la diferencia que hay en las distancias incluìdas entre una, y otra, y el punto de apoyo.

No gastarèmos mucho tiempo en la explicacion de este instrumento, porque se le puede aplicar casi todo lo que hemos di-

dicho arriba, hablando de la balanza ordinaria. Solamente se observarà, que la balanza Romana es de un uso muy cómmodo, porque no se necessita mas que de un solo peso, el que no siendo muy considerable, es muy facil de transportar; y quando es muy grande, y se emplèa en muchas masas pesadas, que no pueden dividirse, se evita à lo menos un gran numero de pesos dificiles de juntar, y el punto fixo se halla entonces mucho menos cargado; pero es preciso observar tambien, que este instrumento no puede servir para pesar exactamente las cantidades pequeñas, porque no es bastante movible, lo que sin duda proviene de que uno de sus brazos es muy corto.

DE LAS GARRUCHAS.

LA Garrucha (*fig.* 34.) es un cuerpo redondo, y ordinariamente plano, movible al rededor de su centro C: su circunferencia exterior està en forma de garganta, en que se envuelve una cuerda, ò cadena, à que se aplica por una parte la potencia E, F, ò G, y por otra la resistencia R.

Es necessario, ò que la cuerda lléve, y mue-

mueva à la garrucha, ò que éſta lléve à la cuerda; por eſto, quando ſe teme que éſta no ſe corra por la otra, ſe hace la garganta en forma de angulo, ò ſe llena de puntas, como ſe puede vèr. (*fig.* 35.) El cuerpo de la polèa, ò garrucha, ſe mueve por lo comun en una caxa, ò chapa C D, que ſoſtiene al exe: ſe ſuelen fixar los dos extremos del exe en la caxa, y hacer que la polèa dè vueltas en èl; pero yo tendrìa por mas acertado fixar el exe à la polèa, y hacer que ſe movieſſe todo junto en los agujeros de la caxa, porque haciendoſe el movimiento ſobre una menor ſuperficie, ſerìa menor el frotamiento; y quando mucho, aunque los agujeros de la caxa ſe agrandaſſen con el tiempo, como alli no hay mas que la parte inferior, que reciba el esfuerzo, no por eſſo dexarìa de moverſe circularmente la garrucha: lo que no ſe puede hacer, quando el centro eſtà muy abierto.

Las Experiencias, que vàmos à hacer, daràn à conocer lo primero, que una garrucha puede ſervir como un vecte del primer genero de brazos iguales, ſobre el qual dos potencias, cuyas fuerzas abſolutas ſon tambien iguales, eſtaràn ſiempre en equilibrio, aunque tomen diferentes direc-

ciones. Lo segundo, que las potencias, que se aplican, obran con tanta mayor fuerza, quanto es mayor su distancia al exe. Lo tercero, que el exe està cargado de la suma totàl de la potencia, y resistencia, y que su esfuerzo se hace en una direccion paralela à las suyas, y tira à su punto de concurrencia.

DECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 36. representa una máchina, compuesta de dos pilares elevados, y fixos sobre una tabla mas larga que ancha: el uno lleva una garrucha de metal, y el otro un vecte en esquadra, cuyos brazos son iguales, y ruedan libremente sobre su exe, y en el mismo plano, que la garrucha.

Luego se passa por encima de la polèa, ò garrucha una cuerda, en cuyos extremos se cuelgan dos pesos iguales P, R, los quales obran en dos direcciones paralelas, y verticales, como A P, y B R.

Despues se passa el peso R à la cuerda atada al brazo D del vecte angular, y se pone la cuerda de la polèa, como P A, F E.

En

En fin, reſtablecido à ſu primer lugar el peſo R, y pueſto el vecte angular de modo, que D eſtè en *d*, y E en *e*, ſe ata el peſo P al extremo de una cuerda *d p*; y la cuerda de la polèa, que le ſoſtenìa, ſe ata al brazo *e* del vecte D E.

EFECTOS.

Los dos peſos P, R eſtàn ſiempre en equilibrio, no ſolamente quando ſe hallan ambos en direcciones paralelas, y verticales, ſino tambien quando el uno de los dos obra horizontalmente ſobre la polèa, yà abráce la cuerda las tres quartas partes de la polèa, ò yà no abráce ſino una.

EXPLICACIONES.

La polèa A F B ſe puede conſiderar como un agregado de palancas del primer genero, cuyos brazos ſon iguales, y tienen un punto de apoyo comun en el centro C, donde eſtà el exe. Quando el cordon eſtà vertical por una, y otra parte, ſi no puede correr por la polèa, debe tener el miſmo efecto, que ſi fuera de dos piezas, de las quales una eſtuvieſſe aſsida à A, y la otra à B. Eſtà, pues, en quilibrio en-

tre las dos piezas P, R, porque obran à distancias iguales del punto de apoyo, y porque cada una de ellas hace su esfuerzo en una direccion perpendicular al brazo del vecte A C, ò B C.

El equilibrio subsiste por las mismas razones en los otros dos casos: los rayos G C, y F C son iguales à los dos primeros A C, B C, y las direcciones E F, y *e* G les son perpendiculares, como R B à B C: toda la diferencia que hay, es que immediatamente las dos potencias obran por un vecte recto A B, y despues estàn como aplicadas à dos vectes angulares A C G, ò A C F: que es lo mismo en quanto à los efectos, como lo he manifestado arriba.

UNDECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 37 representa una polèa compuesta de muchos planos circulares, que dexan entre sì algunos relieves, cuyas circunferencias tienen su garganta: los diametros, y por consiguiente los rayos de estos circulos, son entre sì como los numeros 1, 2, y 3: sobre la mas pequeña de estas tres circunferencias se pone una cuer-

da,

da, à la qual ſe atan dos peſos de ſeis onzas cada uno; y ſe fixan en *a*, y en *b* otras dos cuerdas, que abrazan las otras dos circunferencias, y que caen perpendicularmente à los puntos 2, y 3.

EFECTOS.

Quando los dos peſos eſtàn en H, y en I, hay equilibrio entre ſeis onzas de una parte, y ſeis onzas de otra: ſi ſe quita el que eſtà en H, otro peſo de tres onzas nace lo miſmo en K; y quando éſte ſe quita, dos onzas pueſtas en la L, ſoſtienen el peſo de ſeis onzas en I.

EXPLICACIONES.

Siendo el rayo C 1. igual à C *d*, hay equilibrio entre dos peſos iguales, porque ſus esfuerzos ſe hacen à iguales diſtancias del punto de apoyo. Mas ſiendo C 2 duplo de C *d*, el equilibrio debe nacer entre dos maſas, que eſtàn en razon recíproca de eſtas dos longitudes; por eſſo tres onzas ſoſtienen ſeis; y por la miſma razon dos onzas baſtan à una diſtancia, que iguale tres veces à C *d*.

DUO-

DUODECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA polèa G H, (*fig.* 38.) està suspensa por su exe en dos sortijas pequeñas de metal, que por ambas partes se sostienen con dos cordones de seda, que passan por dos polèas pequeñas, y que se unen à dos pesos iguales B, D; de suerte, que la polèa grande tiene dos movimientos, porque rueda sobre su exe, y éste puede baxar con ella hasta una cierta cantidad, quando la resistencia de los pesos B, D llega à ceder.

EFECTOS.

Estos dos pesos ceden, y la polèa cae cerca de dos pulgadas, quando otros dos pesos, E, F, que pesan juntos, y con la polèa un poco mas, que B D, se hallan en direcciones paralelas, y verticales; y la polèa sube en parte, si quitado el peso F, se tuviesse con la mano el cordon en la direccion A C.

EX-

EXPLICACIONES.

Quando los dos pesos E, F se hallan suspendidos paralelamente, sus esfuerzos son perpendiculares à G, H, que se deben mirar como las extremidades de un vecte recto; y hemos mostrado, que en igual caso el punto de apoyo lleva la suma totàl de las dos masas; el exe que le representa, sufre, pues, de arriba abaxo un esfuerzo, que iguala los dos pesos E, F, y al de la polèa juntamente: los otros dos B, D, que se oponen à su caìda, y que representan su resistencia de arriba abaxo, no pesan tanto como esta suma, y por esta causa baxa la polèa. Pero se levanta, quando uno de los dos lados de la cuerda cessa de estàr paralelo con otro; porque entonces el esfuerzo, que sostiene, se hace segun la linea I K, y solo obra obliquamente contra las potencias B, D.

APLICACIONES.

La polèa, que sirve como vecte del primer genero, es un medio simple, y cómmodo, y sirve frequentemente para mudar la direccion del movimiento; porque de qualquie-

quiera manera, que se presente una potencia en el plano, en donde està la polèa, se halla siempre perpendicular à uno de los rayos, lo qual le conserva siempre toda su intension. Asi, aunque un cavallo, ò buey exercìte naturalmente su fuerza en una linea horizontal, se pueden no obstante con diferentes polèas aplicar sus esfuerzos à resistencias, que se dirijen verticalmente: aunque un peso tire siempre à caer verticalmente, puede levantarse, si por medio de una polèa se opone à otro mas fuerte.

Los vectes angulares, como yà se ha dicho, mudan presto sus direcciones; pero la polèa tiene esta ventaja sobre ellos, que hace el movimiento continuado, y siempre conserva las potencias en las mismas direcciones, que desde luego tomaron. Esta diferencia se percibe facilmente con solo mirar las *figuras* 22. *y* 36.

Como una polèa, que tiene varias gargantas concéntricas, puede servir para hacer iguales dos fuerzas, que entre sì son diferentes, quando los diametros están en posiciones proporcionadas, se puede consiguientemente mantener el equilibrio; ò si no, una proporcion constante entre las dos potencias, cuyas fuerzas relativas se mudan continuamente; porque en lugar de mu-

chas

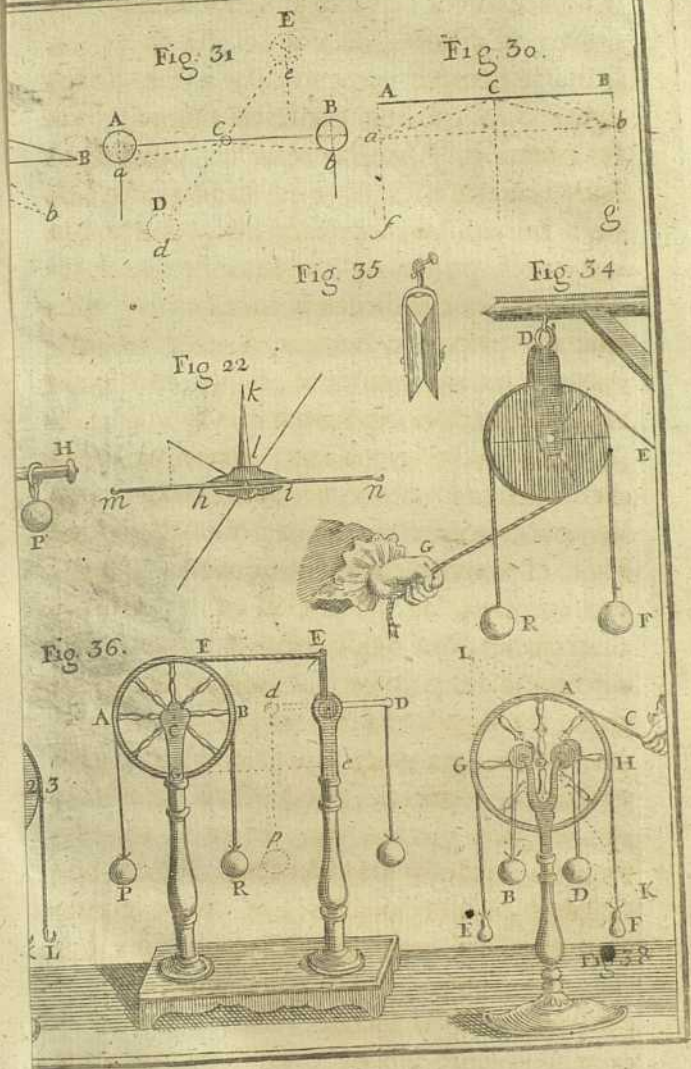


Fig. 31
Fig. 30.
Fig. 35
Fig. 34
Fig. 22
Fig. 36.
Fig. 38

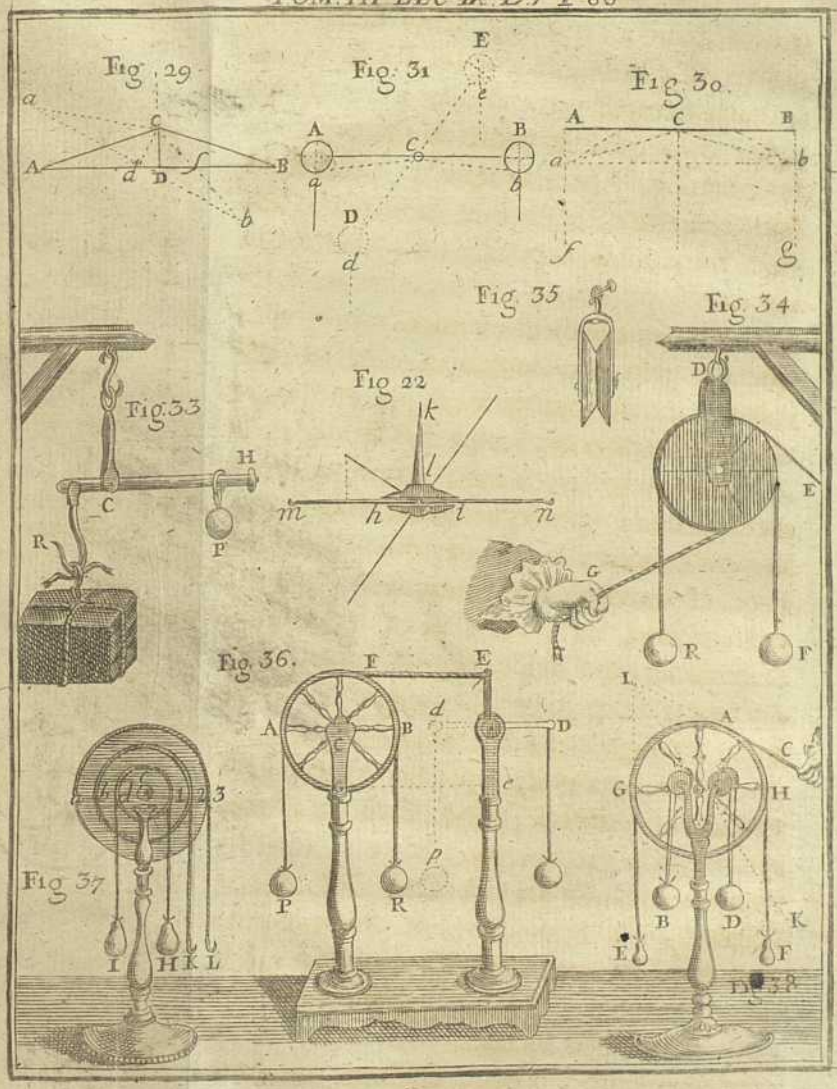


Fig 29
Fig 31
Fig 30
Fig 35
Fig 34
Fig 33
Fig 22
Fig 36
Fig 37
Fig 38

chas mueſcas concentricas, ſe puede hacer una ſola, que no éntre en sì miſma, ſino que tomando forma eſpiral, ſe aparte poco à poco del centro, ſegun la proporcion con que ſe diſminuye la una de eſtas dos fuerzas. Una de las mas felices aplicaciones, que ſe han hecho de eſta conſequencia, es haver hecho uniforme la accion de los reſortes, que aníman las mueſtras, y los péndulos. Hemos dicho en la ſegunda Leccion, Tom. 1. Lecc. 11. Secc. 11. pag. 105. (*fig.* 10.) que eſtos reſortes, como todos los otros, obran ſiempre con menos fuerza à proporcion que ſe deſplegan: oponiendolos la rueda, que los pone en movimiento la miſma reſiſtencia ſiempre, es evidente, que la mueſtra, ò el péndulo ſe atraſára ſiempre, durante el tiempo, que tardáre el reſorte en deſenvolverſe, ſi no ſe huviera encontrado un medio de prevenir eſte inconveniente. En vez de deſenvolver ſobre un cilindro la cadena, que ſirve à armar el reſorte, ſe recibe ſobre un huſillo, (*fig.* 39.) cuya figura es tal, que ſus vueltas diſminuyen ſiempre ſu diametro, à proporcion que la tenſion del reſorte ſe aumenta. Todo el arte conſiſte en hallar eſta propoſicion; porque la theorica no puede ſervir, ſino para acercarſe algo. Los Reloxeros eſtàn ſiem-

pre obligados à estas pruebas; porque los resortes jamàs son regularmente flexibles, y elasticos en todas las partes de su extension. Sabiendo lo que debe cargarse el exe de una polèa, se le pueden dàr las dimensiones mas oportunas: lo que se debe tener principalmente presente es, lo primero, que sea muy fuerte; lo segundo, que tenga la densidad necessaria, para evitar los frotamientos de una muy grande superficie; mas quando la caxa de una polèa està siempre assegurada à algun punto fixo, es preciso prevenir que la que la sostiene, estè muy firme para resistir à los esfuerzos, que se hacen siempre en el exe; conviene tambien mirar à las diferentes direcciones, que pueden tomar estos esfuerzos; porque el apoyo que resistirìa en un caso, cederìa en otro.

Se puede tambien considerar la polèa, como un vecte del segundo genero: efectivamente tiene sus propriedades, quando estando la resistencia R, (*fig.* 40.) assegurada à la caxa, uno de los extremos de la cuerda està en un punto fixo *a*, ò *g*, mientras que el otro està sostenido por la potencia P, ò *d*, y entonces, ò son las direcciones de la potencia, y la resistencia paralelas entre sì, como *c* I, *d* E, ò estàn inclinadas una à la otra como P *k*, *c k*. En el primero solo tiene la po-

potencia la mitad del peſo de la reſiſtencia; en el ſegundo el esfuerzo de la potencia ſe diſminuye, y el punto de apoyo ſe dirige al punto, en que concurren las direcciones de la potencia, y de la reſiſtencia, es decir à *k*.

DECIMATERCIA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A, B, (*fig.* 41.) ſon dos clavijas de tres pulgadas de largo, que corren por las dos mortajas, que hay en los dos brazos de la pieza G; la primera ſirve de punto fixo al cordon, que abraza una polèa cargada del peſo D; la otra punta ſe une al brazo de una balanza, à quien ſe ha quitado un plato, y ſe ha pueſto en equilibrio por medio de una peſita, que ſe ſujeta en H: dicha balanza eſtà colgada de la clavija B.

Se ponen deſpues las dos clavijas à tal diſtancia, que las dos puntas de la cuerda, que caen de la polèa, eſtèn paralelas entre sì. Apartando deſpues las dos clavijas, ſe hacen tomar à las dos puntas de la cuerda direcciones inclinadas en ſentidos contrarios; y en uno, y en otro caſo ſe carga el plato de la

balanza, quanto sea necessario para tenerla en una situacion horizontal.

EFECTOS.

La polèa, y su peso D, pesan juntas ocho onzas: no son menester mas que quatro en el plato de la balanza para hacer equilibrio, quando las dos puntas de la cuerda estàn paralelas entre sì, y en una direccion vertical: pero quando estàn inclinadas, como P *l*, *g m* en la *fig.*40. es preciso cargar mas el plato de la balanza, para tenerla en equilibrio.

EXPLICACIONES.

Considerando el brazo H de la balanza, cómo la potencia, que mantiene à la polèa, y su carga, despues que la otra punta de la cuerda està fixa en A, el peso que se pone en el plato, expressa sin equivocacion el esfuerzo, que se hace contra la potencia, quando todo està en equilibrio. Se vè, pues, por las resultas la prueba de quanto hemos dicho hasta ahora sobre esto; es à saber: Lo primero, que las direcciones de las fuerzas opuestas, estando paralelas, la potencia no sostiene, sino la mitad del esfuerzo de la re-

resistencia; porque en el primer caso, en que las dos puntas de la cuerda estàn paralelas entre sì, *c i* (*fig.* 40.) direccion de la resistencia, està tambien paralela à *d e*, que es la de la potencia; y quatro onzas en el plato de la balanza sostienen ocho en D. Segundo: Que no siendo paralelas las direcciones de las fuerzas opuestas, la potencia no es igual à la mitad del esfuerzo de la resistencia, y la direccion del punto de apoyo passa al punto del concurso de las otras dos direcciones; porque en el segundo caso de la Experiencia, en que la potencia obra obliquamente, como P *k*, quatro onzas en el plato de la balanza no bastan para hacer equilibrio, y el angulo *g k c* es igual al de la otra parte P *k c*.

Quando las dos puntas estàn paralelas, como *a b*, *d e*, pueden considerarse, como unidas à las dos extremidades del diámetro *b e*; quando estàn obliquas, como P *l*, *g m*, se pueden concebir, como que estrivan en los puntos de contacto *l*, *m*; mas las dos lineas *e b*, *m l*, son dos vectes del segundo genero divididos uno, y otro en dos brazos iguales, por la direccion *c i* de la resistencia; el cordon suspenso en *a*, ò en *g*, traspassando el punto fixo à *b*, ò à *m*, se vè de una vez, que la potencia aplicada en *e*, ò en *l*,

obra

obra siempre à una distancia *e b*, ò *l m* del punto de apoyo, doble de la de la resistencia colocada en *c*, ò en *i*: con que segun lo que se ha enseñado tocante al vecte, quatro onzas en una distancia dupla del punto de apoyo, son capaces de sostener ocho.

Mas quando la potencia se dirige obliquamente, no puede bastar para estos efectos; porque la direccion perpendicular al brazo del vecte, es, como se ha dicho, la mas ventajosa de todas, y por consiguiente todas las otras no son tan fuertes. Es verdad, que P *l* es perpendicular al radio *l c*; mas este radio, por el qual se puede concebir que obra la potencia, es obliquo à *c i*, direccion de la resistencia, que viene à ser lo mismo. En fin el punto de apoyo dirige su esfuerzo por *g m*, quando la potencia se inclina, como P *l*; porque en el punto mismo de esta inclinacion, la polèa rueda, hasta que lo estè igualmente de una, y otra parte; lo qual no acaece, sino quando el angulo *g k c* es igual al de la otra parte P *k c*.

APLICACIONES.

Puesto que quando se fixa la cuerda de la polèa en A (*fig.* 41.) no es necessaria en H, sino una fuerza de quatro onzas, para sostener ocho en D, y que una fuerza de qua-

quatro onzas es ſiempre la miſma, yà obre de arriba abaxo, ò yà ſe haga ſu esfuerzo de abaxo arriba por medio de una balanza; ſe puede ſubſtituìr à la balanza H *k* una otra poléa L, ò *l*, (*fig.* 42.) que harà el oficio de un vecte del primer genero; y en M, ò en *m* ſolo havrà un esfuerzo de quatro onzas.

Si para reſiſtir à eſte esfuerzo de quatro onzas ſe alarga la cuerda deſde M à N, (*fig.* 43.) y ſe le hace paſſar por debaxo de una tercera polèa N O, eſtà ſemejante à la primera, ſerà un vecte del ſegundo genero, en donde la potencia O, pueſta una vez mas lejos del punto de apoyo N, que la reſiſtencia, que carga el exe, no tendrà neceſsidad ſino de una fuerza abſoluta, que ſea la mitad de la ſuya: con que ſolo ſerà neceſſario un esfuerzo de dos onzas de abaxo arriba; y ſi es mas cómmodo tirar de arriba abaxo, una quarta polèa darà eſta direccion, como la ſegunda.

La ſegunda, y quarta polèa, que ſirven de medio para mudar la direccion, pueden eſtàr colocadas en una miſma caxa; y ſi eſta eſtà fixa por arriba, ſu parte inferior podrà ſervir tambien de punto fixo al primer cabo de la cuerda, que ſupuſimos eſtàr atado à F.

Yà hà tiempo, que ſe conoce eſte mo-

do

do de colocar en una misma chapa muchas poleas, ò paralelas entre sì, ò unas encima de otras con el nombre de bipastos, tripastos, ò polyspastos. Estas máchinas sirven mucho para levantar grandes fardos; y son cómmodas en quanto ocupan poco lugar, y porque se puede sin embarazo aumentar à gusto la accion de una misma potencia; pero esto no se hace, como en todas las otras máchinas, sino à expensas de una mayor ligereza en la potencia; porque si la polèa, que està cargada de la resistencia, (*fig.* 40.) se levanta hasta la linea *d a*, es evidente, que la potencia, que produce este efecto, corre doble camino en el mismo tiempo, puesto que las dos partes *a b*, *d e* de la cuerda, por donde obra, deben hallarse mas arriba de la linea *d a*, quando el centro de la polèa llegue à ella: estas dos longitudes *a b*, *d e*, igualan dos veces la altura *c h*.

La ventaja, que estas polèas dàn à la potencia, no puede aumentarse al infinito: quando los polyspastos llegan à tener una cierta cantidad de polèas, los frotamientos inevitables causan despues una diminucion en el producto de las fuerzas motrices, que excede à lo que se pudiera ganar, aumentando mas el numero de las polèas.

Se deben disponer de tal suerte, que

las

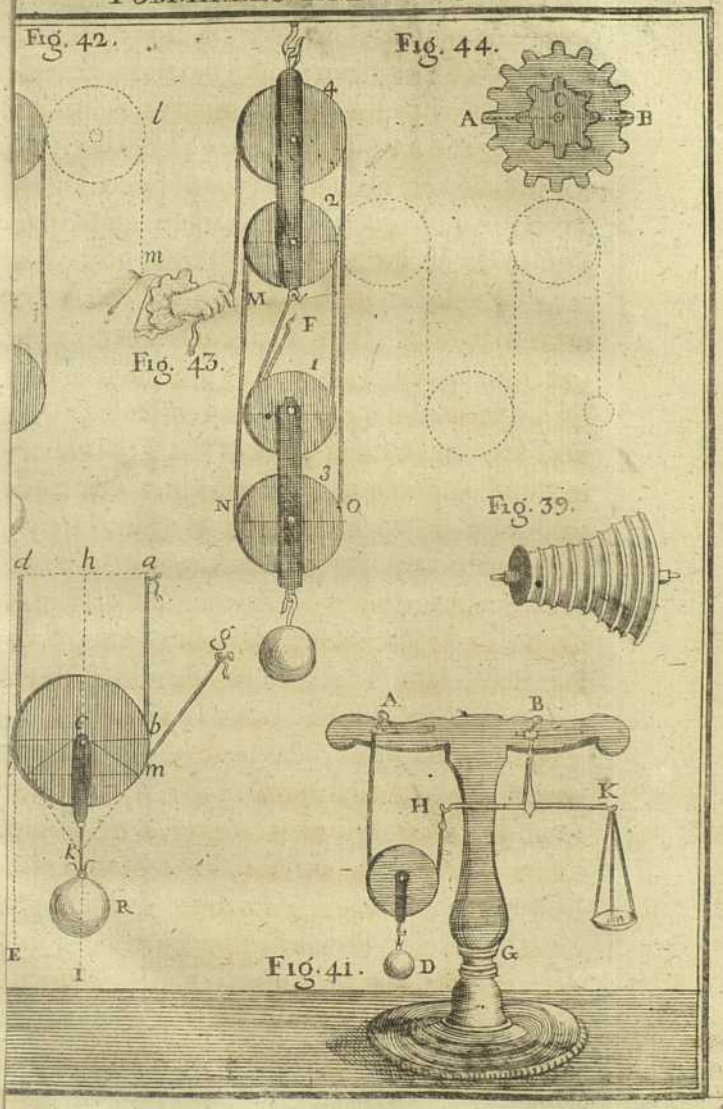


Fig. 42.
Fig. 44.
A
B
l
4
2
m
M
F
Fig. 43.
1
3
N
O
Fig. 39.
d
h
a
g
b
m
k
R
E
I
A
B
H
K
D
G
Fig. 41.

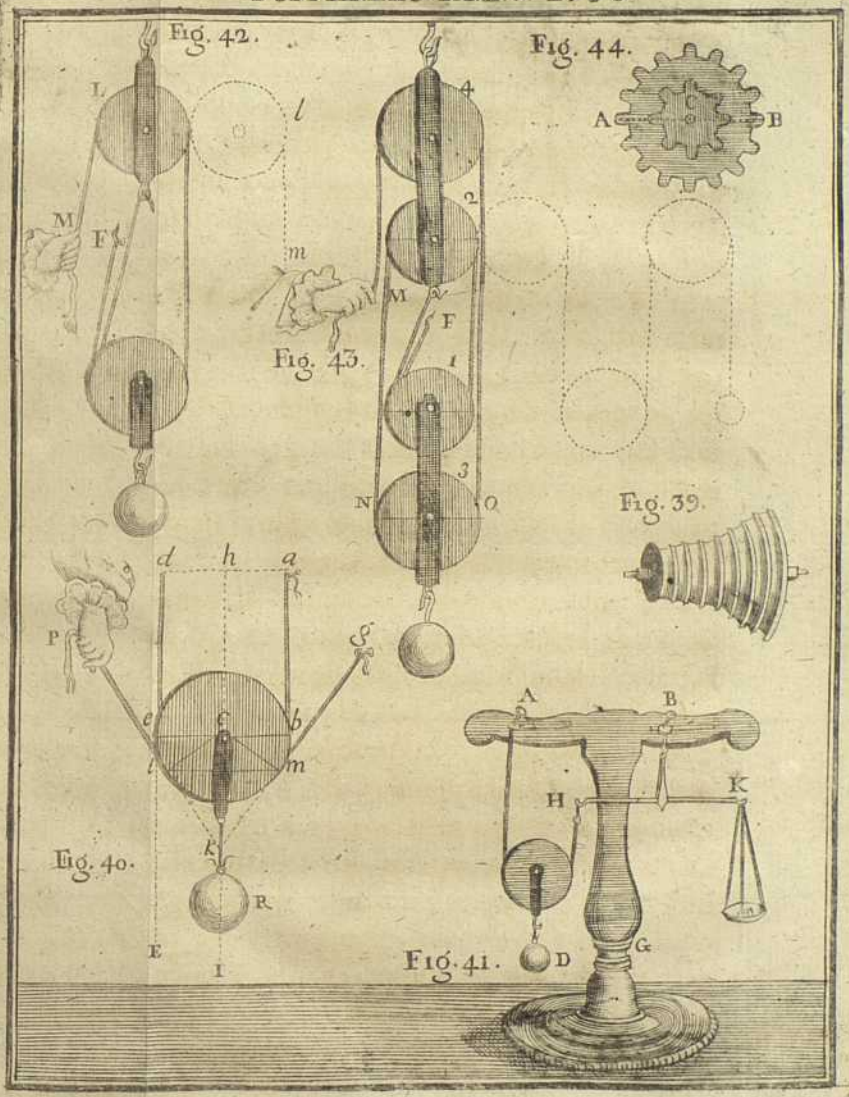


Fig. 42.
L
l
M
F
m
Fig. 43.
4
2
M
F
1
3
N
O
Fig. 44.
A
B
Fig. 39.
d
h
a
P
g
e
c
b
l
m
k
R
E
I
Fig. 40.
A
B
H
K
D
G
Fig. 41.

las direcciones de las cuerdas ſe hallen paralelas, lo mas que ſea poſsible; porque hemos hecho vèr, que las potencias, que obran obliquamente, tienen menos fuerza, ſiendo todas las demàs circunſtancias iguales.

DE LAS RUEDAS.

UNA rueda es como la polèa, un cuerpo redondo, ordinariamente chato, y movible ſobre ſu centro, la circunferencia en lugar de eſtàr labrada como garganta, recibe el movimiento, que ſe le comunica, ò traſpaſſa el que ella ha recibido por ſu frotamiento, ò por ciertas partes, que ſobreſalen, y que ſe reſervan, ò añaden, y que ſe llaman dientes, ò clavijas, ſegun la forma, y tamaño, que tienen.

Las ruedas ſe mueven de dos maneras; porque, ò vuelven ſiempre ſobre un miſmo lugar con un exe, que eſtà unido à ſu centro, y cuyos quicios ſe mueven en unos agugeros, que ſirven de apoyo, como ſe vè en los Reloxes, en las ruedas, que mueven los aſſadores, y en los molinos, &c. ò bien rodando ſobre ſu circunferencia, llevan ſu centro, y el exe, que los atravieſſa, en una direccion paralela al plano, ò al terreno, que corren; tales ſon las que ſe ponen en

los coches, y en los demàs carruages.

La rueda que no tiene mas que un modo de movimiento, y en donde los exes no hacen sino rodar, deben considerarse, como vecte del primer genero, que sirven del mismo modo, que la polèa, para mudar la direccion del movimiento, ò passarle mas lexos, ò hacer iguales entre sì potencias muy diferentes una de otra, y aumentar la ligereza en una de ellas.

Lo primero, los dientes A, B, (*fig.* 44.) pueden tomarse por las extremidades de un vecte, dividido en dos brazos iguales por el punto fixo, ò centro del movimiento C; y si se pone sobre el mismo exe otra rueda la mitad menor, la potencia, que obra por el diente *a*, estando una vez mas cerca del centro, que la otra, queda por esta razon dos veces mas endéble. Se puede por este medio hacer igual la fuerza de una libra à la de dos.

Lo segundo, se lograrìa aún el mismo efecto, si la rueda pequeña, en lugar de estàr aplicada immediatamente à la rueda grande, se aplicasse à la otra extremidad del exe: de este modo el movimiento de la rueda grande H, (*fig.* 45.) se puede passar à una grande distancia por la rueda pequeña, ò piñon D, que està en el mismo arbol.

Lo tercero, si este ultimo piñon endentasse con otra rueda E, que tenga los dien-

tes

tes paralelos à ſu exe; el movimiento que ſe le comunicára, mudára de direccion; y de vertical ſe harà horizontal.

Lo quarto, finalmente, ſi la rueda E tiene quatro veces mas dientes, que el piñon D; como eſte no ſe puede mover ſin la rueda vertical H; es preciſo, que uno, y otro dèn quatro vueltas, para hacer rodar una vez la rueda horizontal E: y recíprocamente, ſi rueda una vez éſta, daràn quatro vueltas el piñon, y el arbol, y la rueda vertical. Si ſe pone, pues, à cada una de las dos ruedas grandes un manubrio F, ò G, que ſe mueva por un hombre, que le haga dàr una vuelta en un ſegundo, el movimiento tendrà quatro veces mas ligereza, quando ſe hace mover el mango F, que quando ſe aplíca la miſma potencia à G.

Quanto à las ruedas, que tienen dos ſuertes de movimientos, como las de los carros donde el centro ſe abanza en linea recta, mientras que las otras partes ſe vuelven al rededor de èl, ſe deben mirar (las mas veces) como un vecte del ſegundo genero, que ſe multiplìca otras tantas veces, quantos ſon los puntos, que ſe pueden imaginar en la circunferencia. Porque cada uno de los puntos es la extremidad de un rayo, apoyado de una parte ſobre el terreno; y eſtando la otra

extremidad cargada del exe, que lleva el carro, và tirada al mismo tiempo por la potencia, que le conduce: de modo que si el plano està perfectamente igual, y à nivèl, si la circunferencia de las ruedas està bien redonda, y sin desigualdades, si no interviene ningun frotamiento del exe con los cubos, y si la direccion de la potencia se aplica siempre paralelamente al plano, una pequeña fuerza meneàrà una carreta muy pesada. Porque la resistencia, que viene de su peso, descansa enteramente sobre el terreno por el rayo C M, (*fig.* 46.) ò por otro semejante, que le sucede en el instante siguiente.

Pero de todas las condiciones, que acabamos de suponer, cuyo conjunto serìa necessario para producir este efecto, apenas se encontrarà alguna en el uso ordinario. Las ruedas de las carretas estàn redondeadas grosseramente, y guarnecidas de gruessos clavos, los caminos estàn por sì mismos desiguales, ò se ponen assi por el peso de los carruages, que los hunden; estas desigualdades, ahora vengan de las ruedas, ahora del terreno, hacen apoyar la rueda por un rayo C Q, ò C N obliquo à la direccion de la potencia P C, ò à la de la resistencia C M: el peso que reside en C, pe-

sa

ſa en parte contra la potencia, que no le puede hacer abanzar, ſino haciendolo ſubir tanto, quanto el punto Q, ò N, eſtà encima de M.

Pero aun quando las circunferencias rodaſſen por ſuperficies perfectamente iguales, y rectas, ſe hace indiſpenſablemente un frotamiento del cubo al exe, que por ſu naturaleza ha de ſer ſiempre conſiderable, como lo hemos notado en la tercera Leccion.

Las concavidades, y las alturas, que ſe encuentran en los caminos, mudan tambien la direccion de la potencia: un cavallo pueſto mas alto, ò mas baxo por la diſpoſicion del terreno, en vez de hacer ſu esfuerzo por la linea C P, (*fig.* 46.) paralela à la porcion del plano, que actualmente lleva las ruedas, lo hace muy frequentemente por C S, ò C R; es decir, obliquamente à la direccion C M, de la reſiſtencia, y por conſiguiente con pérdida.

Pero ſi no es poſsible ponerſe à cubierto abſolutamente de todas eſtas dificultades, ſe pueden no obſtante prevenir en parte, empleando unas ruedas grandes; porque es cierto, que las pequeñas ſe introducen mas en las deſigualdades del terreno, como ſe puede vèr por la *fig.* 47. y porque la circunferencia de una rueda grande corre

mas

mas espacio, que una pequeña; se mueve con menos ligereza, ò dà menos vueltas para correr un espacio dado, lo que evita una parte de los frotamientos. Entendemos por ruedas grandes aquellas, que tienen cinco, ò seis pies de diámetro. En esta magnitud tienen tambien la ventaja de tener su centro poco mas, ò menos à la altura del tiro del caballo, lo qual pone su esfuerzo en una direccion perpendicular al rayo, que està verticalmente sobre el terreno, es decir en la direccion mas favorable, à lo menos en los casos mas comunes.

DE LOS TORNOS, Y DE LOS cabestrantes.

LA inspeccion sola de las *fig.* 48. y 49. basta para poner à la vista, que estas dos máchinas (hablando con propriedad) son una misma con diversos nombres, segun las diferentes posiciones en que se emplean. Quando el cilindro A B, que recibe la cuerda, y que es la parte principal, se halla colocado horizontalmente, la máchina se llama *Torno*; y quando este mismo cilindro està vertical, se llama *Cabestrante*. Estas dos máchinas se emplean muy frequentemente en los pozos, en las canteras,

en

en los edificios, para levantar las piedras, y otros materiales, en los vaxeles, y en los puertos para levantar las ancoras; y ſi hacemos reflexion, ſe encuentran, como en dibujo, en otros infinitos ſitios, donde ſolo ſe diferencian por el modo, ò por la materia, de que ſe componen. Los tambores, y los huſillos en que ſe envuelven las cuerdas, ò las cadenas para ſubir los peſos, ò los reſortes de los Reloxes, de las péndolas, y de las miſmas mueſtras, deben mirarſe como otros tantos tornos, y cabeſtrantes pequeños.

Lo que hemos dicho de las polèas, y de las ruedas, comprehende lo mas importante, que hay que ſaber tocante al torno; porque ſi concibe el arbol movible, como una ſérie de polèas, enſartadas en el miſmo exe; ſi ſe conſideran los vectes cruzados, que ſirven para ponerle en movimiento, como unos rayos prolongados de la primera de eſtas polèas; en fin, ſi ſe conſidera, que quando el exe dà vuelta, todo lo que hace un cuerpo con èl, particìpa de ſu movimiento, ſe verà de una vez, que eſta máchina hace el oficio de un vecte del primero, ò ſegundo genero, que tiene dos brazos deſiguales, contando deſde el punto fixo *h*, à ſaber, el ſemidiametro del cilindro *g h*, (*fig.* 50.) por el qual obra la reſiſtencia;

y

y otro rayo *h k* del mismo cilindro, prolongado por uno de los vectes, que forman la cruz, y por el qual hace su esfuerzo la potencia.

La potencia P, ò *p*, es pues, à la resistencia G, como la longitud P *h*, ò *p h* es à *g h*, ò *k h*; es decir, que si cada uno de los vectes cruzados, contando desde el centro del cilindro, es quatro veces mas largo, que el semidiametro *g h*; un peso de 400. libras unido à la cuerda G *g*, se puede sostener por un esfuerzo equivalente al de 100. libras, que resistirìa en P.

Pero si no huviesse mas que un esfuerzo de 100. libras, que emplear de esta manera contra el de 400, quando el vecte P viniesse à rodar, la potencia tomarìa una direccion poco ventajosa, y no serìa suficiente, como yà se ha explicado, hablando de las manijas: y por otra parte, si estos vectes cruzados fueran muy largos, un hombre no podria facilmente dexar el uno para volver à tomar el otro. Por esta razon en las canteras, en las minas, y en las gruas, en donde se emplea un grande cabestrante, los vectes cruzados se terminan en una circunferencia, y forman una grande rueda, que se guarnece de clavijas, como T, T, (*fig.* 51.) Por este medio la fuerza de dos hom-

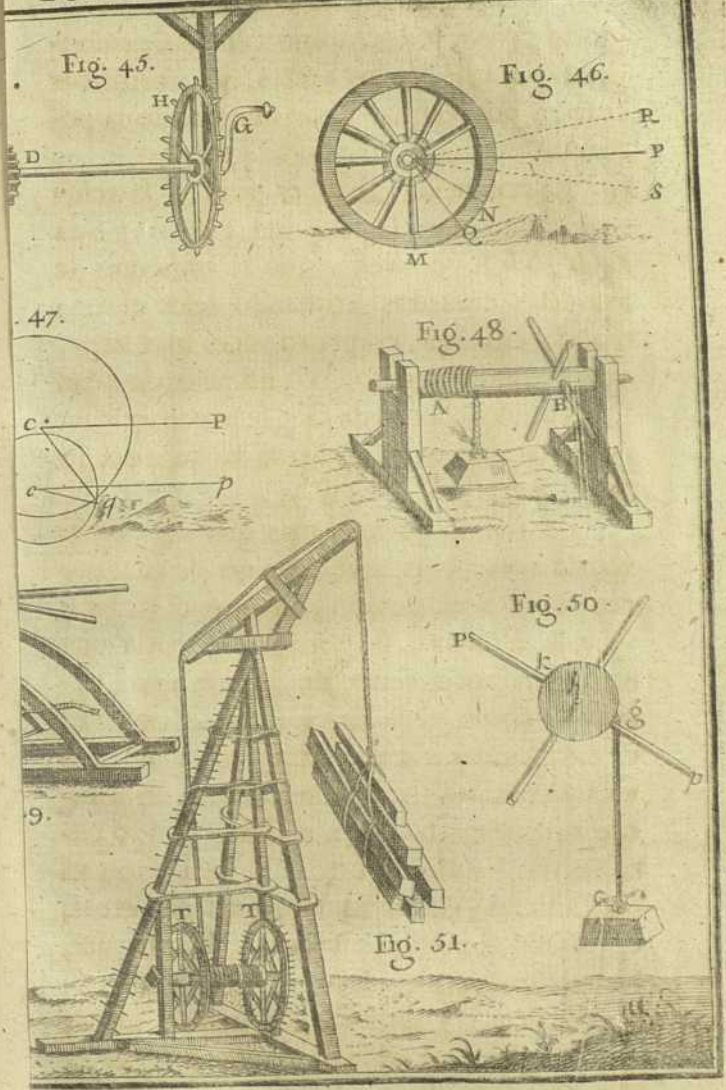


Fig. 45.
H
G
D
Fig. 46.
R
P
S
N
O
M
47.
C
P
c
p
Fig. 48.
A
B
9.
Fig. 50.
P
K
g
p
T
T
Fig. 51.

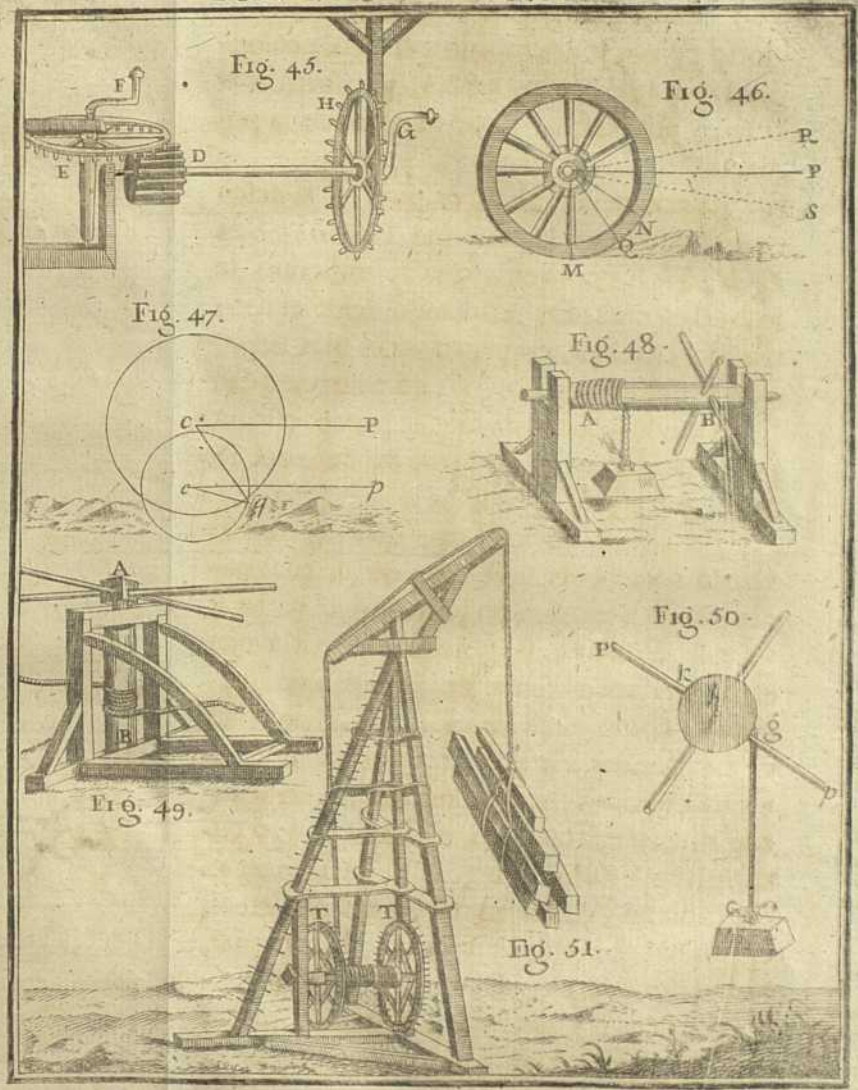


Fig. 45.
F
H
G
E
D
Fig. 46.
P
P
S
N
Q
M
Fig. 47.
C
P
c
p
H
Fig. 48.
A
B
A
B
Fig. 49.
Fig. 50.
P
K
g
p
T
T
Fig. 51.

hombres, ſiempre aplicada à una miſma diſtancia del centro del movimiento, obra uniformemente; y muchos pueden trabajar à un tiempo por un miſmo rayo, ſin incomodarſe unos à otros.

Si la cuerda, deſpues de eſtàr envuelta en todo el rodillo, volvieſſe ſobre sì miſma para envolverle una ſegunda, ò tercera vez, como acontece quando ſe uſa de un torno para levantar los fardos à una grande altura, es preciſo tener preſente el aumento del diámetro del rodillo; porque pueſto que ſu rayo es el vecte de la reſiſtencia, quando el diámetro de la cuerda ſe añade una, ò dos veces à la longitud de eſte rayo, el esfuerzo del fardo ſe encuentra mas lejos del exe, ò punto de apoyo: lo qual lo hace otro tanto mayor.

SECCION SEGUNDA.

DEL PLANO INCLINADO.

TRatando de la peſadèz en la ſexta Leccion, tom. 2. pag. 141. y en las que ſe ſiguen, dimos la definicion del plano inclinado, è hicimos conocer, cómo,

y en què circunstancias retarda la caìda de los cuerpos graves. Supondrèmos, como una verdadera prueba, que una masa, que rueda, ò que resbala de arriba abaxo à lo largo de un plano inclinado, està en parte sostenida por un plano; y que lo està tanto mas, quanto la inclinacion del plano es mayor.

Sale de este principio, que una potencia, aplicada à sostener un cuerpo sobre un plano inclinado, no tiene necessidad de ser igual al peso de este cuerpo; y como un peso no es mas que una fuerza, en donde està determinada la direccion, se puede decir mas generalmente, que una potencia, (qualquiera que sea) que se vè obligada à seguir un plano inclinado à su direccion, puede ser igualada, ò vencida por otra potencia mas débil.

Mas puesto que un plano sirve de obstáculo à la caìda de un cuerpo, porque està obliquo à la direccion de la pesadèz; se debe presumir, que debilitarìa tambien qualquiera otra potencia, cuya direccion fuesse obliqua à la suya; y en efecto, la experiencia prueba lo primero, que una pequeña fuerza sostiene à una mayor sobre un plano inclinado: lo segundo, que una pequeña fuerza, empleada contra otra mayor,

yor, jamàs obra con tanta ventaja, como quando ſu direccion es paralela al plano inclinado, por el qual hace ſu esfuerzo.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA máchina, que ſe repreſenta por la *fig.* 1. ſe compone de una tabla A C de cerca de 15 pulgadas de largo, y de 3, ò 4 de ancho; ſe junta por unos goznes en C à otra tabla, à cuya punta ſe fixa un quarto de circulo, que ſirve para reglar, y fixar ſu inclinacion. D, es un cilindro de madera dura, que peſa cinco à ſeis onzas, y que dà vueltas libremente ſobre ſu exe en una eſpecie de chapa de metal, ſoſtenida por dos cordones, que paſſan por dos polèas *e*, *e*: à los cabos de dichos cordones ſe aplican dos peſos *d*, *d*, de dos onzas cada uno. Las dos polèas eſtàn fixas en una pieza de metal, que ſe puede poner en diferentes parages ſobre el quarto de circulo.

Se inclina el plano A C un poco mas de los 45 grados: ſe pone el cilindro, ò rodillo D en ſu parte inferior; y las polèas ſe ponen de manera que los cordones, que tiran del rodillo, eſtèn paralelos al plano

inclinado, y se dexa obrar à los pesos *d*, *d*. Despues se repite la misma prueba, exceptuando solamente, que se pondràn las polèas en E, ò en F, à fin que sus direcciones se hallen en lo alto, y baxo del plano inclinado, y hagan con èl un angulo, como A D F, ò A D E.

EFECTOS.

Estando los cordones en una direccion paralela al plano inclinado, los dos pesos, que juntos pesan quatro onzas, comienzan à levantar el rodillo, que pesa cerca de seis; mas luego que se ponen las polèas en F, y en E, estos mismos pesos nos bastan para hacer subir, ni para detener el rodillo. El mismo efecto acaece, si en vez de mudar de lugar las polèas, se inclina mas, ò menos el plano A C.

EXPLICACIONES.

El cilindro de nuestra Experiencia es un cuerpo grave, que està naturalmente determinado à moverse de arriba abaxo, y perpendicularmente al plano del horizonte: dos causas concurren à detenerlo: la primera es la resistencia del plano inclina-

do

do ſobre que deſcanſa: la ſegunda es el eſfuerzo de los dos peſos *d*, *d*. Si eſta ultima cauſa obraſſe ſola, ſerìa preciſo, que la ſuma de los dos peſos fueſſe igual à la maſa del cilindro: ſe ha viſto por la reſulta de la Experiencia, que quatro onzas ſoſtienen cinco, ò ſeis por medio del plano inclinado: es pues indubitable, que en igual caſo una pequeña fuerza pueda ſoſtener à otra mayor.

Para dàr razon de eſte efecto, ſupongamos que la linea *a c* (*fig.* 2.) ſea el plano inclinado: que el circulo *d f g* es la baſe del cilindro, ò rodillo: que todo el peſo de eſte cuerpo reſide en el centro *k*, y que eſtà en equilibrio con una potencia, cuya direccion es *k p*, mientras que por ſu peſo tira à caer por la linea *k h*, perpendicular al horizonte *b c*. Aqui, pues, ſe vèn dos fuerzas aplicadas à la extremidad *k* de un miſmo rayo, ò vecte, cuya otra punta *d* eſtà apoyada ſobre el plano; mas la una de eſtas dos hace con eſte vecte un angulo recto *p k d*, y obra en la direccion mas ventajoſa, que podia tener: la otra al contrario, obra por una linea inclinada à eſte miſmo vecte, y hace con èl un angulo agudo *d k h*; lo que le reduce à la longitud *d e*, ſegun hemos enſeñado en la Seccion

pre-

precedente; y asi como *d e* es mas corta, que *d k*, se puede decir, que el peso del cilindro le cede otro tanto à la potencia *p*; y para traher esto à una regla general, se debe mirar, que el triangulo *d k e* es semejante al que represénta el plano inclinado *a b c*, y que las dos lineas *d e*, *d k*, por consiguiente tienen entre sì la misma proporcion, que *a b*, y *a c*, de donde sale esta proposicion, *que el peso del mobil es à la potencia, que le sostiene, como la altura del plano inclinado es à su longitud*; es decir, que si la linea *a b* (altura del plano) es à la linea *a c*, (que exprimirà su longitud) como 2 es à 3; con un esfuerzo de dos onzas se puede sostener un peso de tres, puesto sobre un plano inclinado.

Pero como la potencia no tiene esta ventaja sobre la resistencia, sino en consequencia de una direccion mas favorable à su esfuerzo, debe tener menos, quando cessa de obrar paralelamente al plano; porque en toda otra posicion està inclinada al rayo *d k*. El plano inclinado no es favorable à la potencia, sino en quanto sostiene en parte el peso del mobil: quando esta potencia obra mas arriba del plano, como en *k i*, no dexa llevar al plano todo lo que pueda llevar; y si se aparta hasta tirar directamen-

mente del peso, siguiendo la linea *k l*, es evidente, que entonces el plano no sostiene peso alguno, y que el efecto de la potencia debe ser igual al peso del mobil para sostenerle. Quando obra mas abaxo del plano, como *k m*, una parte de su fuerza se pierde enteramente contra el plano; y se concibe bien, que si baxasse hasta tomar la direccion *k n*, la resistencia del plano, siendo directa, le impedirìa tener alguna accion contra el peso del mobil.

APLICACIONES.

La Experiencia, que acabamos de explicar, hace vèr, que no solamente se pueden sacar ventajas de los planos inclinados para vencer las resistencias, ò para sostener grandes pesos con fuerzas menores de las que serìa necessario emplear para detenerlos, ò para levantarlos en una direccion vertical; mas hace tambien conocer, que un mobil, cuyo centro de gravedad, no està sostenido, debe siempre caer, aunque por otra parte se sostenga. Porque no basta, que el cilindro llégue al punto *d* sobre el plano; (*fig.* 2.) sin el esfuerzo de la potencia *p* rodarà de arriba abaxo, porque el

el centro de su pesadèz, que obra en la direccion *k h*, no està sostenido.

Asi se puede dàr razon de una infinidad de efectos, que nos sorprenden, y que tenemos dificultad de explicar, quando se ignora, ò no se considera este principio. La *fig.* 3. por exemplo, representa un sólido A, compuesto de dos conos, que estàn juntos por sus bases; se pone este cuerpo sobre dos reglas B C, D C, que hacen juntas un angulo agudo, y que estàn mas elevadas por el otro extremo B D, de modo que està como sobre un plano inclinado: quando se dexa libre, sube rodando, y sigue en la apariencia un camino totalmente contrario al que acostumbran tomar todos los cuerpos.

Este efecto proviene de que el centro de gravedad del cuerpo A, no està sostenido; porque quando se pone en C, permaneceria quieto, si estuviesse en un rayo *a e* perpendicular al plano horizontal *e f*; (*fig.* 4.) mas como las dos reglas hacen un angulo, tocan à estos dos conos por puntos mas apartados, como *g*: asi el centro de gravedad, que està en *a*, està en falso, y todo el cuerpo comienza à rodar desde C, hasta B. A proporcion, que se abanza en esta direccion, estando las dos reglas mas, y mas apartadas,

el

el mobil baxa una cantidad igual al ſemidiametro *a e*, mas grande que la altura *f* B, à la que parece ſe levanta; y el punto *a*, reſpecto del horizonte, baxa realmente la cantidad *h* B.

Si los cuerpos caen ſiempre, porque el centro de gravedad no eſtà ſoſtenido, es verdad decir tambien, que jamàs caen, quando eſte centro eſtà apoyado; y por eſto ſe vèn tantos edificios, que han perdido el nivèl vertical, y que no dexan de ſoſtenerſe; y ciertas obras trabajadas con arte, ſaliendo parte ácia fuera, ſin que por eſto les fálte la ſolidèz, que deben tener. Acaſo ſe inclinarìa alguno à creer, que por el buen parecer mueve caſi ſiempre los brazos un Volatin; pero la verdadera razon es, que como anda ſobre una eſpecie de plano muy mobible, que ſe inclina continuamente, y de diferentes maneras, debaxo de ſus pies, quando conoce, que el centro de ſu peſadèz no eſtà ſoſtenido, le atrahe à la linea de direccion, alargando el brazo del lado opueſto, como un vecte, cuyo peſo es tanto mas peſado, quanto ſus partes eſtàn mas diſtantes del centro de ſu movimiento; y quando no eſtà muy habilitado, emplèa para eſte efecto un contrapeſo, que mueve de la derecha à la izquierda quando lo neceſsita.

Los niños, que comienzan à andar, y que no han adquirido aún la costumbre de dirigir sus cuerpos por los diferentes planos en que andan, evitan con el movimiento de sus brazos una parte de las caìdas, à que los expone casi continuamente un modo de andar, que no està aún bien assegurado. Por què se inclinan ácia atràs las personas, que tienen un grande vientre? La razon es, porque sin esta disposicion, no sosteniendose bien el centro de gravedad, los pondria en peligro de caer de cara. Un Esportillero, al contrario, que lleva una gran carga sobre sus espaldas, se encorva ácia adelante, porque èl, y la carga tienen un centro comun de gravedad, que las mas veces se halla colocado mas afuera del conductor, y no se sostendrìa, si caminasse mucho. Es preciso, pues, que se incline, hasta que este centro se hálle en una linea vertical, que passe por entre sus pies.

Quando uno quiere estrivar sobre la punta de un solo piè, se vè obligado à hacer un movimiento de un lado, para poner el cuerpo perpendicularmente sobre el piè, que debe sostenerle; si se quiere baxar, teniendo la cabeza levantada, es necessario llevar ácia atràs la parte opuesta,

pa-

para mantener el equilibrio entre la una, y la otra: por eſta cauſa no puede uno, ni mantenerſe en un ſolo piè, ni levantar algo que eſtè delante, baxandoſe, quando eſtà arrimado à una pared, ò à un arbol, que impide los movimientos, que es preçiſo hacer para poner, ò mantener el centro de gravedad en la linea de direccion, que paſſa por el punto de apoyo.

DE LAS MACHINAS, que ſe componen de planos inclinados.

ENtre las máchinas, que obran como planos inclinados, las mas ſimples, cuyo uſo es mas comun, ſon las *cuñas*, y los *tornillos*. Me reducirè à eſtas dos eſpecies; y en examinandoſe ſus principales propriedades, indicarè algunas otras, que pueden referirſe à ellas.

DE LA CUÑA.

SE dà comunmente el nombre de *cuña* à un cuerpo duro, compueſto de tres planos, que terminan dos triangulos, como D A C: (*fig.* 5.) los dos planos mas

largos forman un angulo con la linea A *a*, que se llama la *punta*, ò el *cortante*: la mas pequeña D *c*, que determìna su abertura, se llama la *base*, ò la *cabeza*, y la altura se mide por la linea A B, que se considera tambien, como el exe de la cuña. Se valen ordinariamente de esta máchina, para hendir, alzar, ò apretar qualquiera materia; y para hacer obrar, se emplèa la presion de un resorte, ò de un peso, y mas comunmente el choque de un cuerpo duro, que se hace mover como un martillo, ò un mazo.

Las mas veces la resistencia que hay que vencer con la cuña, proviene de la tenacidad de las partes, que es preciso desunir, y apartar; esta adherencia, que varìa infinitamente, segun la naturaleza de los cuerpos, su magnitud, su figura, y otras muchas circunstancias, no puede calcularse, sino muy dificilmente; por otra parte la percusion, que se emplèa para hacer obrar la cuña, es una fuerza, que es bien dificil de comparar sin yerro con la de una simple presion; porque el producto de su esfuerzo no depende solamente de la cantidad del movimiento en el cuerpo, que hiere, sino tambien de la naturaleza del que es herido: del modo con que recibe el golpe,

y

y de otras muchas causas, que concurren frequentemente, mas, ò menos de lo que se ha pensado. Dexarè, pues, todas estas consideraciones, como extrañas de mi assunto; y para reducirme precisamente à las propriedades de la cuña, supondrè dos potencias, cuya fuerza absoluta se conozca, como dos pesos, ò dos resortes de una fuerza determinada, à fin de no tener que considerar mas que las proporciones, que toman entre sì la potencia, y la resistencia, por sola la interposicion de la cuña.

Considerando las diferentes maneras, con que puede obrar la cuña, concibo principalmente dos, à las quales me parece se pueden reducir todas las otras con ciertas modificaciones. Primero, imagino dos cuerpos A, B, (*fig.* 6.) apoyados sobre un plano bien sólido, sobre el qual solo puedan resvalar, ò rodar en las direcciones C D, C D: supongo tambien, que una fuerza determinada, como de diez libras, por exemplo, aplicada en E, se opone à este movimiento: si hago baxar entre los dos cuerpos la cuña F G H, desde toda su altura, es cierto, que al fin de esta accion los dos mobiles A, B, se apartaràn uno de otro toda la longitud de la base F H; tambien se con-

concibe bien, que se apartaràn mas, ò menos, si se emplèa otra cuña, cuyo angulo estè mas, ò menos abierto, como *i m* G, ò *l n* G; mas para transportar assi dos massas, que resisten, es necessaria alguna fuerza; y hay precision de emplear mas, quando se transporta à una distancia mas grande en un tiempo determinado.

Lo segundo, me represénto una cuña, que hace esfuerzo para apartar mas las dos partes de un leño medio abierto, (*fig.* 7.) mientras resisten éstas à la division, por la trabazòn de las fibras, que estàn aún unidas mas abaxo del angulo *p*. Concibo las dos lineas *ſp*, *p q*, y de la otra parte *t p*, *t r*, como dos vectes angulares, cuyos brazos *p r*, *p q*, estàn unidos entre sì con unos hilos, igualmente distantes uno de otro: obrando la cuña en *t*, y en *ſ*, hace su esfuerzo por los dos brazos *t p*, *ſp*, contra la primera union, que està en el angulo *p*, mientras que los otros dos brazos se apoyan mutuamente uno contra otro por debaxo. Si esta union es inflexible, y no puede ceder sin romperse, el esfuerzo de la cuña producirà este efecto, si excede un poco la fuerza de este hilo; y si una vez llega à romperse, el que le sucede immediatamente se romperà con mayor facilidad, por la mis-

mifma accion de la cuña; porque entonces fe aumenta la longitud del vecte de la potencia, como fe puede vèr por las dos lineas de puntitos, que correfponden à la fegunda union; y por la mifma razon efta ventaja, que recibe la potencia, debe ir fiempre en aumento. Por efta razon las maderas duras, y fecas, las piedras, el vidrio, y en general todas las materias, cuyas partes fon muy inflexibles, fe quiebran con eftallido, y fe hienden muy facilmente luego que fe han comenzado à abrir. No fucederìa lo mifmo, fi eftas uniones, ò ataduras, que fupongo, fueran flexibles, porque llegando las primeras à ceder un poco, dexarian llevar à las otras una parte del esfuerzo de la cuña, y la mifma fuerza no baftarìa para romperlas del todo.

Que la cuña óbre de un modo, ò de otro; parece lo primero: que fe puede ufar ventajofamente de ella, para vencer grandes refiftencias. Lo fegundo, que fu accion fe hace tanto mas poderofa, quanto es mas aguda. La experiencia confirmarà eftas dos propoficiones, y nos darà lugar de determinar la proporcion de las potencias, que óbran una contra otra por medio de efta máchina.

SE-

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LOS dos planos A C, B C (*fig.* 8.) forman las dos caras de una cuña, que puede quedar mas, ò menos aguda, por medio de unos goznes, que estàn en el punto C, y de dos tornillos E, F, que detienen las otras dos extremidades en la regla G H: para este efecto debe tener esta ultima pieza un calado, por donde corran dos pernios, que se añaden à los extremos de los planos. D I es un marco colocado horizontalmente sobre dos montantes, que rematan en una tablita, que les sirve de piè. Dos rodillos *m*, *n*, ruedan en dos pequeñas chapas, que corren con mucha facilidad por dos arambres, que cogén todo lo ancho del marco. Se vè por esta disposicion, que los rodillos no pueden apartarse uno de otro, sino por una fuerza capàz de levantar el peso *p*; y que obrando la cuña A B C contra ellos con su proprio peso, ò con el que se le añade, es facil de comparar el esfuerzo de la potencia con el de la resistencia.

Siendo el peso *p* de dos libras, queda

la

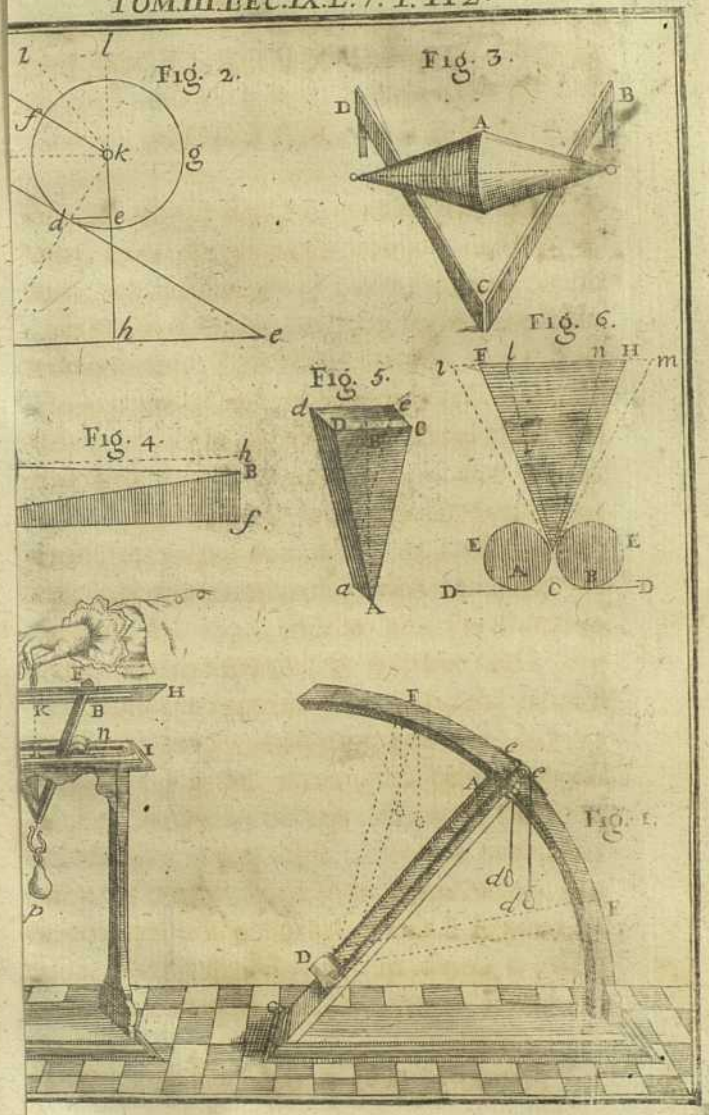


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 1.

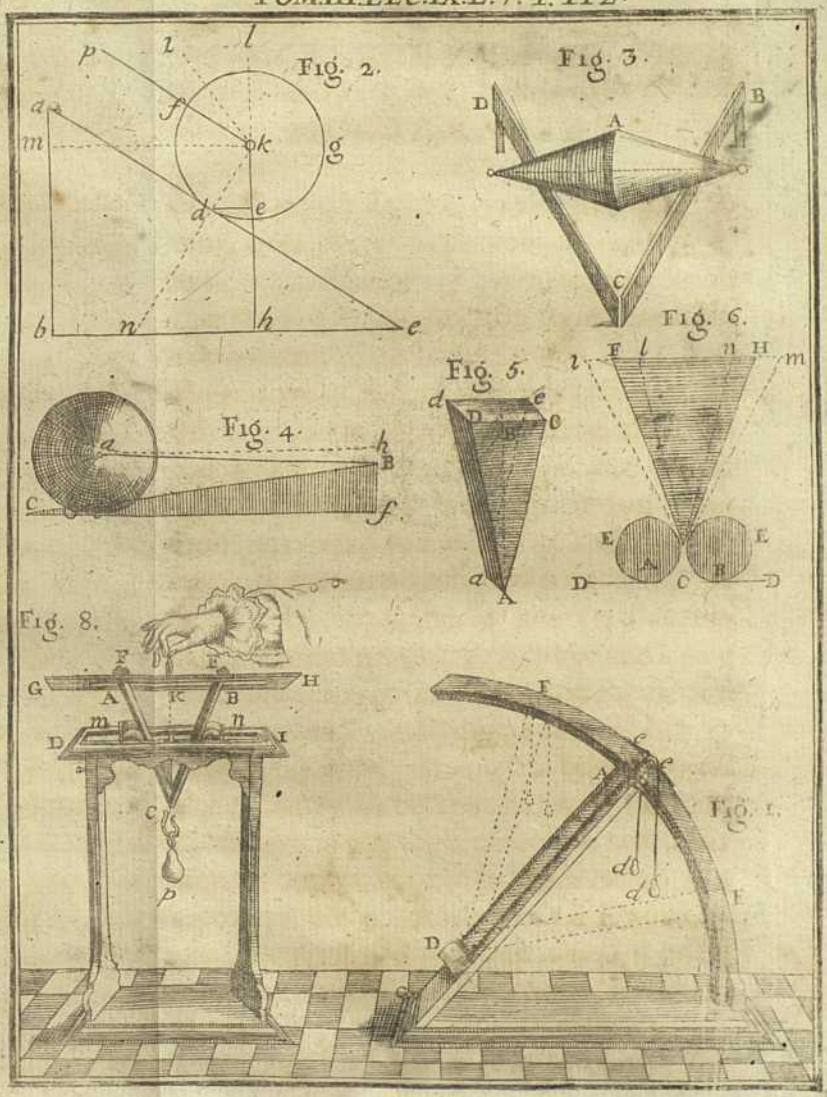


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 8.
Fig. 1.

la cuña de tal ſuerte aguda, que ſu proprio peſo baſta para apartar los rodillos; deſpues ſe abre de modo, que ſu baſe A B, ſea igual à la mitad de la altura K C.

EFECTOS.

Primero, quando la cuña es muy aguda, aunque no peſe ſino cerca de doce onzas, ſu esfuerzo es ſuficiente para apartar los rodillos. Segundo, quando ſu altura iguala dos veces la longitud de ſu baſe, aparta los rodillos, ſi ſe le añade un poco mas de quatro onzas à ſu peſo: es decir, que con el esfuerzo de una libra hace equilibrio à una fuerza doble.

EXPLICACIONES.

Si el peſo *p* de nueſtra Experiencia eſtuvieſſe partido en otros dos de una libra cada uno, como *p*, *r*, (*fig.* 9.) y los dos rodillos *m*, *n* no pudieſſen apartarſe uno de otro, ſin hacer ſubir otro tanto eſtos dos peſos, es cierto, que ſin el auxilio de la máchina, ſerìa neceſſaria una maſa igual à dos libras para hacerles equilibrio, y un poco mas para hacerlos ſubir: vémos, que por medio de la cuña, doce onzas los levantan;

tambien vémos, que es necessario un poco mas de diez y seis, para hacer el mismo efecto, quando la cuña no es tan aguda: con que nuestras dos proposiciones estàn bien probadas: vámos ahora à explicar el hecho.

La fuerza de un cuerpo, que se mueve, ò que tira à moverse, nace de su masa, y del grado de ligereza, que tiene, ò tendria, si el movimiento tuviera lugar. Ahora, pues, la cuña *a b c* no puede baxar toda su altura, sin que los cilindros corran en el mismo tiempo los dos espacios *c l*, *c i*, y que por consiguiente los dos pesos *p*, *r* hagan otro tanto camino subiendo; mas estos dos espacios, que juntos igualan la base *a b*; no son mas que la mitad de la altura de la cuña; de suerte, que un peso puesto en *k*, anda en el mismo tiempo doble camino baxando, del que los pesos *p*, *r* hacen subiendo; y assi en el caso del equilibrio, el peso *k* debe estàr, con la suma de los otros dos, en razon recíproca de sus velocidades: es decir, una libra contra dos, quando la linea *k c* es dupla de la linea *a b*; de aqui nace esta proposicion general: *La potencia es à la resistencia, quando estàn en equilibrio, como la base de la cuña es à su altura*; lo que no tiene muchas veces

lu-

lugar en todo rigor, ſino quando las fuerzas ſupueſtas pueden compararſe con los peſos, como en la Experiencia precedente.

APLICACIONES.

Los uſos de la cuña no eſtàn limitados à hendir la madera, ò las piedras, y ſu figura no es ſiempre la de un pedazo de hierro mal afilado, que éntra à golpe de mazo: ſe puede decir en general, que todas las herramientas cortantes, de qualquiera naturaleza que ſean, el hacha, la podadera, el cincèl, la guvia del Eſcultòr, y del Enſamblador, la lanceta, el eſcalpelo del Cirujano, el cuchillo, y la navaja, que eſtàn entre las manos de todo el mundo, forman otras tantas cuñas, cuyo angulo, magnitud, figura, y dureza ſon proporcionadas à la calidad de las materias contra quienes deben obrar, y à la accion del motor, que debe reglar ſu esfuerzo. Eſta obſervacion ſe preſenta por sì miſma, quando ſe vè con atencion que eſtos inſtrumentos tienen eſſencialmente dos ſuperficies mas, ò menos inclinadas una à otra, y que forman ſiempre en el ſitio de ſu union un angulo mas, ò menos agudo.

Como eſte angulo es parte eſſencial de

la cuña, no es necessario que se forme por el concurso de dos solos planos; los clavos que tienen quatro caras, rematan en una misma punta, los punzones redondos, los alfileres, y las agujas, &c. cuya superficie puede mirarse, como un agregado de lineas, que se unen en un angulo comun, hacen tambien el oficio de cuña, y deben considerarse como tales.

Conviene notar, que entre las diferentes especies de instrumentos cortantes hay muchos, que producen su efecto, metiendolos, segun su longitud, apoyandolos al mismo tiempo directamente contra los cuerpos, que se quieren separar; tales son los cuchillos, y los bisturìs, &c. Estas especies de instrumentos obran al mismo tiempo, como cuñas, y como sierras; porque conviene saber, que el instrumento cortante mas fino, se compone de partes, que no se hallan todas exactamente en la misma linea: las unas mas altas que las otras, forman otros tantos dientecitos, que se pueden percibir con el Microscopio, y que no se conservan despues de muy usadas; por esso se tiene cuidado de repararlos, como si se hicieran de nuevo, frotando las superficies de la hoja sobre una piedra de amolar; (y esto se llama *sacar el filo.*) Ningun

gun inſtrumento, que corte de eſta manera, neceſsita de que lo aprieten tan fuertemente, como otro qualquiera; y por eſta razon en las operaciones de Cirugìa ſe preſiere, ſiempre que ſe puede, el uſo de la lanceta al de las tixeras, que no cortan ſino aſſerrando, para evitar la contuſion de las partes, è impedir el dolor al paciente.

Mas aunque un inſtrumento cortante ſe haya hecho para cortar tirando de èl, como los cuchillos ordinarios, no ſe debe olvidar, que puede aſsimiſmo ſeparar, y dividir un cuerpo contra quien ſolo ſe oprimieſſe directamente; es una temeridad herir, como ſe hace algunas veces, con la palma de la mano la hoja de una navaja; el pellejo reſiſte verdaderamente un poco mas, quando el inſtrumento no obra ſobre ella, como una cuña, ſobre todo ſi toca de una vez una grande extenſion; mas ſiempre es peligroſo experimentar haſta dónde puede llegar eſta reſiſtencia.

DE LOS TORNILLOS.

EL tornillo es un cilindro, ò una cuña muy prolongada, ſobre la qual eſtà formada una garganta en forma de eſpira. El filete, que ſepara las vueltas de la garganta,

ta, se llama *rosca*, y el hueco que queda se llama *muesca*. Este filete, y garganta se suelen hacer tambien en una cavidad cilindrica, para hacer un tornillo interior: y quando estas dos especies de tornillo estàn de tal suerte proporcionadas, que la rosca del uno éntre, y pueda moverse en la muesca del otro, y *vice versa*, el tornillo hueco se llama *tuerca*.

Mirando las *fig.* 10. y 11. se vè facilmente, que la rosca de un tornillo à no considerarse, sino el sitio, ò punto, que recibe el esfuerzo de la resistencia, no es otra cosa, sino un plano inclinado à la base del cilindro, que envuelve: y que este plano es tanto mas inclinado, quanto son menores las roscas. Y asi, quando un tornillo se vuelve en su tuerca, hay dos planos inclinados, de los quales el uno corre por el otro. La altura de cada vuelta, ò rosca se determina por la distancia de un filete al otro, y la longitud se conoce por esta altura, y por la circunferencia del tornillo; porque si se desenvuelve uno de estos filetes *a b* con su rosca *b c*, resultarà el triangulo *a b c*, (*fig.* 10.)

Quando se quiere hacer uso de esta máchina, se aplica una de las dos piezas (el tornillo, ò la tuerca) à la resistencia, que se

ha

ha de vencer, y la otra le ſirve como de punto de apoyo; ſi entonces ſe tuerce, ſe hace andar la tuerca por el tornillo, ò el tornillo por la tuerca ſegun ſu longitud: y aquello que reſiſte à eſte movimiento abanza, ò retrocede otro tanto. En los tornillos de los Cerrageros, por exemplo, uno de los dos labios eſtà oprimido por la accion de un tornillo contra el otro labio, al qual ſe fixa una tuerca. Es preciſo, como ſe vè, que la potencia dè una vuelta entera, para que abance la reſiſtencia una roſca, es decir de un filete à otro. Suponiendola aſsi aplicada immediatamente à la circunferencia del tornillo, el eſpacio que corre, ò ſu grado de velocidad, es *a c*, y el de la reſiſtencia es *b c*; mas como comunmente ſe tuercen los tornillos (principalmente los muy grandes) con vectes, ò con alguna coſa equivalente, la fuerza motrìz anda mas camino, que ſi movieſſe immediatamente el tornillo; y aſsi no es *a c*, quien exprime ſu velocidad, ſino la circunferencia de un circulo, que tiene por ſemidiametro al vecte D E. Se puede, pues, eſtablecer en general, que en el uſo del tornillo, ſi no ſe atiende à los frotamientos, „ la potencia es à la reſiſtencia en el „ caſo de equilibrio, como la altura de la

„ roſ-

„ rosca *b c*, es à la circunferencia, que des-
„ cribe la extremidad E del vecte con que
„ se obra, es decir, en razon recíproca de
„ sus velocidades.

Segun la materia de que se hacen los tornillos, y los esfuerzos, que deben sostener, se dàn diferentes formas à las roscas; mas comunmente son angulares, como en la *fig.* 10. ò quadradas, como en la *fig.* 11. Estas se practícan ordinariamente en los tornillos grandes de metal, que sirven à las prensas, y à los tornillos de Cerrageros, &c. porque tienen menos frotamientos. Se hacen en los tornillos de madera roscas angulares, para conservar su fuerza; porque con esta figura tienen una base mas ancha sobre el cilindro en que estàn. Se dà tambien la misma forma à las roscas de los tornillos de palo, valiendose de las terrajas, que deben formar la tuerca en la madera; se deben considerar, del mismo modo que las barrenas, y taladros, como unas cuñas, que dàn vueltas, cuyo angulo separa la madera con tanta mas facilidad, quanto es mas agudo.

Entre un gran numero de máchinas, cuya parte principal es un tornillo, hay dos que tienen un lugar distinguido; la una es el famoso torno, que conserva casi des-

de

de dos mil años el nombre de Archimedes ſu Autor, y que puede en muchas ocaſiones aplicarſe muy utilmente à levantar aguas: la otra es el tornillo *infinito*, ò *ſin fin*, llamado aſsi, porque ſu accion es continua en un miſmo ſentido, al contrario de los tornillos ordinarios, que ſe mueven en una tuerca, y que ceſſan de andar, quando han entrado todas las roſcas.

El torno de Archimedes ſe compone de un cilindro, que ſe mueve ſobre dos quicios A, B, (*fig.* 12.) y de un canal, ò cañuto, que lo envuelve en forma de eſpira. Un cuerpo grave, pueſto en la boca C del canal, cae por ſu proprio peſo en *d*: quando ſe tuerce el tornillo, el punto *d* del cañuto paſſa al punto *e*, y el mobil, à quien ſu peſo detiene ſiempre en el parage mas baxo, ſe halla en el canal en el punto *f*, que ha dado media vuelta, y que llegò à *g*. Continuando aſsi, ſe le hace correr toda la longitud del tornillo de abaxo arriba; de modo que por medio de eſta ingenioſa máchina, un cuerpo ſube en virtud de la miſma fuerza, que le hace baxar. Si la parte inferior de eſte tornillo ſe mete en el agua, ſe concibe facilmente, que el canal ſe irà llenando à proporcion, que ſe mueve, y darà ſalida por la parte de arriba.

Como esta máchina se mueve sobre dos quicios, una fuerza poco considerable la puede hacer andar, con tal que estè en equilibrio consigo misma; pero solo puede usarse de ella para levantar el agua à una altura mediana, como quando se intenta agotar un terreno; porque estando este torno necessariamente inclinado, no puede llevar el agua à una grande elevacion, sin ser muy largo, y por esto mismo muy pesado, y sin el peligro de encorvarse, y perder su equilibrio.

Lo que se llama ordinariamente tornillo infinito, es una máchina compuesta de un tornillo, cuyo cilindro anda siempre en una misma direccion sobre dos quicios, que termìnan sus dos extremidades: las roscas de este tornillo, que son mas comunmente quadradas, mueven al volverse una rueda vertical, con cuyos dientes traban. Esta rueda tiene en su centro un cilindro con una cuerda, à la qual se ata la carga, que se quiere levantar, de la misma manera que el torno. Vease la *fig.* 13.

Por medio de esta máchina se puede vencer con muy pequeña fuerza una grande resistencia; mas esta ventaja cuesta mucho tiempo, porque es preciso, que el tornillo dè una vuelta entera, para hacer pas-

sar

ſar un diente de la rueda; y es neceſſario, que todos los dientes paſſen, para que el rodillo dè una vuelta: de modo que ſi hay cien dientes, y el diámetro de la rueda es de quatro pulgadas, para levantar la reſiſtencia P à la altura de un piè, es preciſo que la potencia F haga dàr cien vueltas al mango; pero hay muchas ocaſiones, en que eſta lentitud es el principal objeto que ſe propone, como quando ſe intenta moderar el movimiento de una rueda, ò hacer ſubir, ò baxar un cuerpo, haſta un corto eſpacio, que importa conocer.

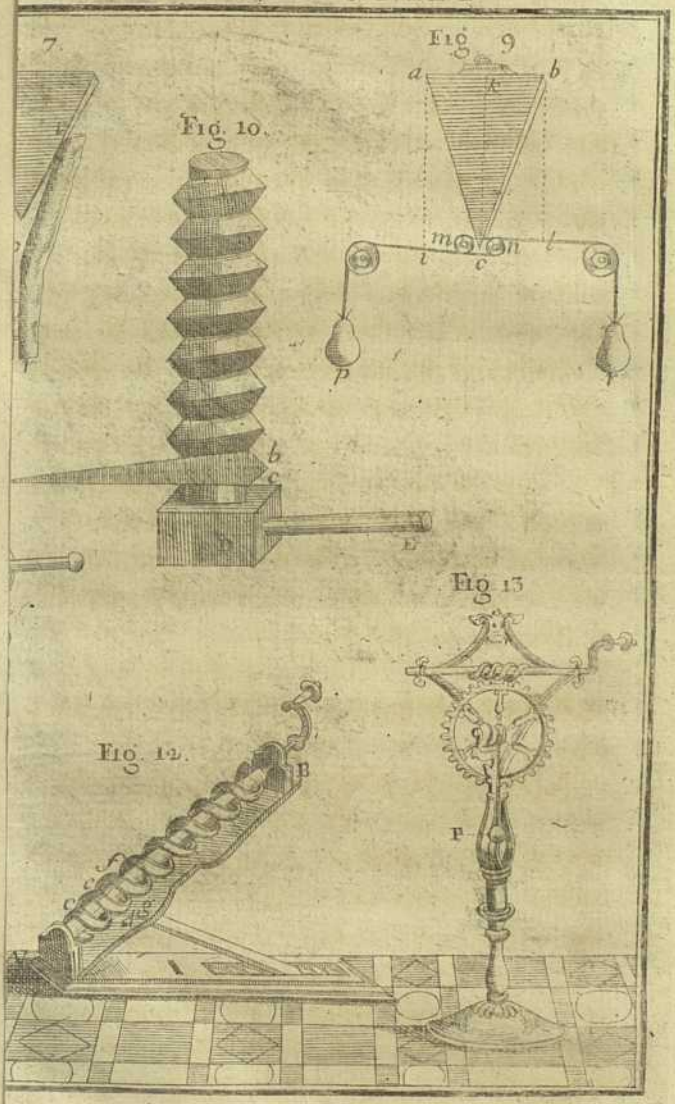
En eſta Seccion, como en la precedente, he hablado ſiempre, preſcindiendo de los frotamientos, ſolo por atender à los efectos que nacen de cada máchina, conſiderada en sì miſma; y es bueno advertir entretanto, que en el uſo del tornillo, y de la cuña acaece frequentemente, que el efecto principal viene de los frotamientos; y que ſi en la práctica no ſe hace caſo de eſta eſpecie de reſiſtencia, ſeràn pocos los caſos, en que las fuerzas opueſtas puedan compararſe con exactitud: dos exemplos juſtificaràn eſta obſervacion. Quando con un esfuerzo equivalente à cien libras ſe entra una cuña entre las dos partes de un leño algo abierto, la reaccion, ò el reſor-

te del leño, que se opone al esfuerzo de la potencia, subsiste siempre, aunque dexe de obrar contra èl: por què quando la cuña no es muy obtusa, no resalta, ni vuelve atràs? Porque opone entonces à la presion del leño, que tira à hacerla retroceder, el frotamiento de su fuerza, que iguala, ò excede tambien à la que la impele. Quando se aprietan bien los labios del tornillo del Cerragero, luego que se dexa de apretar queda en equilibrio la resistencia. Si no huviesse frotacion entre las roscas, y la tuerca, con la menor fuerza se separarìan los labios, que se apretaron; no obstante aun con el mayor esfuerzo no se separan; y en esto consiste la principal ventaja de este instrumento.

SECCION TERCERA.

DE LAS CUERDAS.

LAS cuerdas son unos cuerpos largos, y flexibles, algunas veces simples; pero mas comunmente compuestas de muchas fibras, ò hilos de alguna materia animal, vegetable, ò mineral. Las cadenas tam-


7.
Fig. 9
a
b
k
m
n
l
c
p
Fig. 10.
b
c
E
Fig. 13
Fig. 12.
B
F

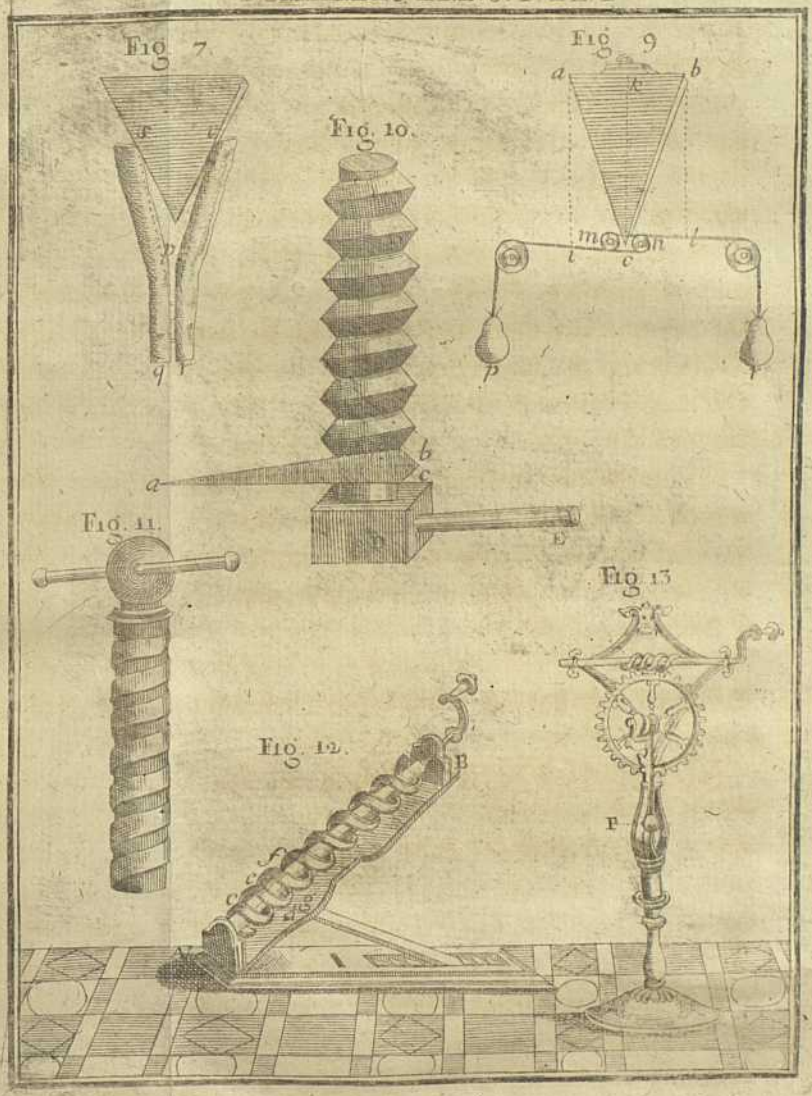


Fig. 7.
Fig. 9
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13
a
b
c
m
n
p
q
B
E
F

tambien por lo que mira al uſo, que ſe hace de ellas en las máchinas, deben conſiderarſe como unas cuerdas; aunque ſu conſtruccion ſea totalmente diferente, tienen las calidades eſſenciales de las cuerdas; eſto es, la longitud, y la flexibilidad, que las dexa aptas para los miſmos uſos. En la Mechanica ſe emplèan comunmente las cuerdas: Primero, para mudar la direccion del movimiento, como quando con una polèa ſe hace ſubir un peſo, por el esfuerzo de otra que baxa. Lo ſegundo, para tranſportar la potencia, ò la reſiſtencia à un lugar mas ventajoſo, ò cómmodo; y aſsi, por medio de una cuerda, v. gr. un Cavallo pueſto en la Rivera, tira de un barco, que no podrìa por ventura mover jamàs de otro modo. Lo tercero, para ligar, apretar, y detener de una manera ſimple, y facil toda ſuerte de cuerpos movibles, que por sì miſmos tiran à deſunirſe, ò que por una fuerza exterior ſe vèn obligados à ſepararſe.

Las cuerdas por sì miſmas no pueden ni aumentar, ni diſminuìr la intenſion de las fuerzas, que obran contra ellas, ò contra quienes obran. Que la cuerda con que ſe toca una Campana tenga quince brazas, ò que no tenga ſino una, ò dos, el que la toca

no

no tiene que hacer, ni mayor, ni menor esfuerzo: la fuerza de un Cavallo es la misma quando tira con un tiro mas largo, ò mas corto. Mas por lo mismo que una cuerda es mas gruessa, ò mas larga, es mas pesada: se encorva, quando no obra en una direccion vertical, y es menos flexible; pues el peso, la curvatura, y la tension de las cuerdas son otras tantas resistencias, ò detrimentos, que exigen un mayor esfuerzo de parte de la potencia, y es preciso contar con ellas en la práctica.

Hablando de los pozos de donde se saca el agua con dos cubos, que suben, y baxan alternativamente, observamos, que la cuerda, en el tiempo en que es mas larga de un lado, que de otro, aumenta la carga, y que este aumento es considerable, quando la profundidad del pozo, ò del soterraneo es grande: lo mismo se puede decir de los fardos, que se arrastran: las cuerdas, y las cadenas, de que nos servimos, aumentan con su proprio peso la carga que se tira.

La resistencia, que viene de la pesadèz de las cuerdas, crece como su solidèz, ò cantidad de materia: considerandolas como unos cilindros, se debe, pues, (à distancias iguales) estimar la diferencia de su peso,

por

por el quadrado de ſu diámetro. Si, por exemplo, en lugar de una cuerda, que peſa 30 libras, teniendo una pulgada de diámetro, ſe pone otra de la miſma longitud, y de la miſma naturaleza, que ſea dos veces mas grueſſa, éſta peſarà 120 libras; es decir, quatro veces mas que la primera, porque ſu diámetro es doble.

No ſolamente el peſo de la cuerda aumenta la ſuma de las reſiſtencias en el uſo de las máchinas; pero ſucede tambien muchas veces, que haciendola doblar, hace tomar à la potencia una direccion menos ventajoſa, que la que tendria, ſi la cuerda eſtuviera perfectamente derecha. Se ha moſtrado, que quando ſe tira un fardo ſobre un plano inclinado, el esfuerzo de la potencia es el mayor que puede dàrſe quando ſe dirige paralelamente al plano, como A B; (*fig.* 1.) pero hay baſtantes ocaſiones, en que eſtando la cuerda encorvada, como A E B, à cauſa de ſu longitud, y de ſu peſo, inclina la accion de la potencia al plano, y la debilita otro tanto.

La longitud ſola de la cuerda, independiente del peſo, puede ocaſionar alguna mutacion à la direccion de la potencia. Porque ſi hace un angulo con el terreno, teniendo cuenta con la elevacion de la po-

ten-

tencia, le hace tanto mayor, quanto ella es mas corta: aunque las dos lineas A C, A D (*fig.* 5.) no sean, ni la una, ni la otra paralelas al plano F G; no obstante, la primera se aparta mas del paralelismo, que la ultima; y asi, siempre que una fuerza motrìz se aplique à una resistencia, por medio de una cuerda, ò de una cadena, no hay necessidad de hacer cuenta con su direccion, ò con su tendencia natural, sino solo con la que se indica por la cadena, ò por la cuerda, que comunica su esfuerzo.

La rigidèz de las cuerdas, quando tienen parte en el movimiento de las máchinas, es lo que mas nos importa conocer: depende principalmente del peso, ò de la fuerza, que estira las cuerdas, de su gruesso, de la cantidad que se dobla, y de la velocidad con que se suelen doblar. Mr. Amontons (a) fuè el primero que tratò methodicamente de esta parte de máchinas, de que no havia antes mas que una idèa confusa. Mostrò su importancia, mostrando, que en los casos mas frequentes, la rigidèz sola de las cuerdas puede aumentar una tercera parte la resistencia, sobre la que debia

(a) Memor. de l' Acad. des Scienc. 1699. pag. 217.

bia obrar la fuerza motrìz; y la experiencia nos enseña, demàs de esto, lo primero, que la resistencia, causada por la rigidèz de las cuerdas, se aumenta en razon directa de los pesos, ò de las fuerzas que las tienen tirantes. Lo segundo, que esta misma resistencia se aumenta aún, como el diámetro de las cuerdas, siendo por otra parte iguales las demàs circunstancias. Lo tercero, que las cuerdas se doblan mas dificilmente, à medida que los cilindros, ò las polèas, sobre quienes se les hace andar, son mas pequeñas, aunque esta ultima resistencia no se aumenta tanto, como se disminuyen los diámetros.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE atan al techo de un quarto, ò à qualquiera otro punto sólido dos cuerdas semejantes A, B, (*fig.* 2.) que cuelgan paralelamente à cinco, ò seis pulgadas de distancia una de otra, y que sostienen una tableta C D, sobre la qual se ponen unos pesos. Estas dos cuerdas dàn ácia el mismo lado cada una una vuelta sobre un cilindro E F, y en el medio se envuelve en

ſentido contrario una cinta, ò un hilo, que tiene en el cabo un plato de balanza, que ſe carga haſta que comience á andar el cilindro de arriba abaxo, como ſe puede vér por la *fig.* 3. Sirven en eſtas experiencias muchos pares de cuerdas, todas de una miſma materia; pero de diferentes diámetros, y que ſe puedan comparar facilmente. El cilindro debe ſiempre tener el miſmo peſo, aunque varìe ſu diámetro; y à fin de que la cinta, ò hilo, que cuelga en *f*, eſtè ſiempre à la miſma diſtancia del punto *e*, (*fig.* 3.) ſe diſminuye el cilindro por el medio; ò bien evaluando el esfuerzo del peſo, que ſe cuelga de la cinta, ò del hilo, ſe tiene cuenta ſi la diſtancia del punto *f*, al punto *e*, ſe aumenta. En eſta primera Experiencia el diámetro de las cuerdas es de tres lineas, el del cilindro de media pulgada: primero ſe carga la tableta C D con 20 libras, y deſpues con 40.

EFECTOS.

Primero, quando las cuerdas eſtàn tiradas por un peſo de 20 libras, es preciſo que el peſo G ſea de 45 onzas para comenzar à hacer baxar el cilindro. Segundo, quando ſe atirantan las cuerdas con un peſo

ſo de 40 libras, el cilindro no obedece, ſino al esfuerzo de 90 onzas.

EXPLICACION.

El cilindro por ſu proprio peſo, ò por el que obra en *f*, tira à baxar. Si alguna coſa lo detiene, no puede ſer ſino la cuerda, que dà vuelta en èl por una, y otra parte; porque ſin eſte obſtáculo ſe concibe bien, que caerìa; mas éſte no ſerìa obſtáculo, ſi la cuerda tuvieſſe una flexibilidad perfecta, y ſi ſe plegaſſe ſin alguna dificultad; porque entonces todas ſus partes ſe envolverian ſucceſsivamente ſobre el cilindro, y le dexarian libremente paſſar del lugar mas alto al mas baxo: toda la reſiſtencia, que cede primeramente à 45 onzas, nace, pues, de la rigidèz de las cuerdas, que eſtàn tirantes por el peſo C D; y pues eſta rigidèz no puede vencerſe, ſino por 90 onzas, quando el peſo que la produce ſe aumenta de 20 à 40, ſeñal es que crece, como hemos dicho en razon directa de las fuerzas, que eſtienden las cuerdas; porque 45 ſon à 90, como 20 à 40.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POnganſe un par de cuerdas, cuyo diámetro ſea de dos lineas, que eſtèn tiradas por un peſo de 20 libras, y que dèn vuelta en un cilindro, que tenga media pulgada de diámetro. Deſpues ſe emplèa otro par de cuerdas, la mitad mas delgadas, que las precedentes, à quienes ſe dá el miſmo grado de tenſion, y ſe envuelven ſobre el miſmo cilindro.

EFECTOS.

En el primer caſo ſon neceſſarias 30 onzas para vencer la rigidèz de las cuerdas, y en el ſegundo baſtan 15.

EXPLICACIONES.

Quando la cuerda ſe dobla, ſu diámetro perpendicular à la ſuperficie del cilindro, que envuelve, debe conſiderarſe como un vecte, que tiene el punto de apoyo en el miſmo cilindro: quanto mayor es eſte diámetro, mas ſe aparta la potencia, ò el

pe-

peſo, que eſtira à la cuerda, de eſte punto de apoyo; y por conſiguiente reſiſte mas al peſo del cilindro, ò al que ſe ſoſtiene en *g*. (*fig.* 3.) Y tambien ſe puede conſiderar el diámetro de la cuerda, y el del cilindro, como ſi ſolo compuſieſſen un vecte, cuyo centro de movimiento eſtè en *e*: ſe vè facilmente, que ſi permaneciendo el miſmo brazo *e f*, queda mas largo *e h*, la potencia que obra en L tendrà otra tanta mas fuerza para vencer la que peſa en *g*. Conſiderando aſsi la rigidèz, que proviene de las cuerdas grueſſas, ſe vè de una vez, por què quando ſe dobla ſu diámetro, es preciſo tambien doblar el peſo, que tira à hacer baxar el cilindro: ſe vè tambien, por què eſta eſpecie de reſiſtencia no crece en razon de la ſolidèz de las cuerdas, como ſe podia creer; ſino ſolamente en razon de los diámetros, como hemos eſtablecido en nueſtra propoſicion.

*** *** ***
*** ***
***

TER-

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SIendo las cuerdas de tres lineas de diámetro, y estando tirantes por un peso de 60 libras, se pondrà primero un cilindro de una pulgada, y despues otro, que tenga media de diámetro.

EFECTOS.

La rigidèz de las cuerdas con el primer cilindro, cede à 135 onzas, y con el segundo à 114.

EXPLICACIONES.

Una vez que las cuerdas, y los pesos que las tienen tirantes, permanecen las mismas, su rigidèz no puede variar, sino por el diámetro del cilindro, que envuelven. Quando el cilindro es mas pequeño, la cuerda se vè obligada à doblarse mas; ahora, pues, esta curvatura en general es un obstáculo à la caìda del cilindro, como lo hemos hecho vèr por la primera Experiencia: luego con una mayor curvatura se au-

aumentarà mas la resistencia. Podria acaso creerse, que el diámetro del cilindro, la mitad menor, debia hacer à la misma cuerda una vez mas rígida; pero la experiencia muestra, que esta proporcion no tiene lugar; porque 135 onzas no igualan, ni con mucho, dos veces 144: como el cilindro empleado en el segundo caso iguala dos veces al del primero, por la magnitud de su diámetro.

APLICACIONES.

Lo que hemos probado por las Experiencias precedentes, debe servir de regla en el uso de las polèas, de los tornos, y de los cabestrantes, &c. Ninguna de estas máchinas puede servir sin cuerdas; ò para hablar con mas exactitud, las cuerdas son una parte essencial de dichas máchinas: si no se hace caso de su rigidèz, se incurrirà infaliblemente en errores considerables, y el yerro se encontrarà principalmente en los casos, en que mas importa no engañarse; quiero decir, en los efectos grandes; porque entonces son las cuerdas necessariamente gruessas, y estàn muy tirantes.

Se debe, pues, tener cuidado, lo pri-

me-

mero, de preferir las polèas grandes à las pequeñas, si el lugar lo permite; no solamente porque teniendo menos vueltas que dàr, tiene su exe menos frotamientos; mas aun porque las cuerdas que las rodèan, y que las hacen mover, no quedan tan encorvadas, y les oponen por consiguiente menos resistencia. Esta consideracion es de tan grande consequencia en la práctica, que calculando la rigidèz de la cuerda, segun la regla de Mr. Amontons, (a) se vè claramente, que si se quiere levantar un fardo de 800 libras con una cuerda de 20 lineas de diámetro, y una polèa, que no tenga mas que tres pulgadas; serà preciso aumentar la potencia hasta 212 libras, para vencer la rigidèz de la cuerda; quando con una polèa de un piè de diámetro, cederìa esta especie de resistencia à un esfuerzo de 22 libras, siendo iguales por otra parte las demàs circunstancias.

Se puede juzgar por esto, que los polyspastos no podrian jamàs tener todo el efecto, que debia resultar de su numero, y de la disposicion de los vectes, que representan; porque en esta especie de máchinas, las cuerdas tienen muchas vueltas; y aun-

(a) Memor. de l' Acad. des Scienc. 1699. pag. 227.

aunque las potencias que las atirantan, carguen tanto menos los exes, quanto es mayor el numero de las polèas, no obstante, porque no hay ninguna cuerda perfectamente flexible, multiplicando las curvaturas, se aumenta necessariamente la resistencia, que nace de su rigidèz.

Este inconveniente, que es comun à todos los polyspastos, es aùn mas considerable en aquellos, en quienes el diámetro de las polèas dispuestas unas sobre otras, debe ir en diminucion, para que la cuerda pueda moverse sin tocarse, ni frotarse; porque hemos mostrado por la tercera Experiencia, que la cuerda tiene mas dificultad en doblarse, quando cubre un cilindro de menor diámetro: los polyspastos, que tienen las polèas de una misma magnitud, son preferibles en los casos en que no milita razon alguna mas fuerte, que pueda combatir la que hemos dado.

Las personas, que tienen costumbre de tornear, sea con el pie, sea con el arco, saben por su propria experiencia quán necessario es proporcionar el gruesso de la cuerda con el de la pieza, que se hace circular; si no se repara en esto, jamàs se puede executar alguna obra delicada entre dos puntas; porque el esfuerzo, que es preciso ha-

cer, para vencer la rigidèz de la cuerda, se hace contra la pieza, que circúla; ésta no le puede sostener, sino en quanto es de una materia fuerte: y nada muestra mejor quánta dificultad tiene una cuerda poco gruessa en moverse, que el poco tiempo que gasta en calentarse, y gastarse, quando envuelve una parte muy delgada.

Las cuerdas que sirven en las máchinas destinadas à hacer grandes esfuerzos, deben ser durables; porque ni se hacen, ni se reparan, sino con grandes gastos: deben tambien ser capaces de una grande resistencia, sin que se hagan inutiles, ni ocasionen algunos accidentes peligrosos. Mas estas dos qualidades son dificiles de conciliar con una grande flexibilidad; porque no pueden adquirirse, sino por un gruesso considerable, y por alguna preparacion, que cause necessariamente la rigidèz. Los cables que se emplean comunmente en los edificios, y aun mejor aquellos que sirven en la navegacion, serìan de un uso mucho mas ventajoso, y mas cómmodo, si se pudiesse hallar algun medio de hacerlos mas ligeros, y mas flexibles, sin quitarles la fuerza, que les es necessaria, y sin hacerlos menos durables; la eleccion de las materias, y el modo de prepararlas, y de ponerlas en obra, debian

sin

ſin duda contribuir mucho à eſte efecto; pero una reflexion, que ſe omite demaſiado, y que ſe debe tener preſente, es el proporcionar las cuerdas à los esfuerzos, que han de ſoſtener, de eſcogerlas muy fuertes, para que no puedan faltar; mas ſin hacer coſa ſuperflua, en eſte aſſunto, porque eſta fuerza ſuperabundante no và ordinariamente ſin un aumento de peſo, de rigidèz, y de gaſtos, que ſiempre es conveniente evitar.

La fabrica de las cuerdas ha eſtado caſi enteramente abandonada haſta aqui à Oficiales, y Maeſtros, por la mayor parte poco inteligentes, que no trabajan ſino por coſtumbre, y que ſe contentan con repetir ſer vilmente lo que otros han hecho antes. Eſte objeto es no obſtante de grande importancia, tal que llega à merecer la atencion de los Sabios, y debe ſervir de mucha ſatisfaccion, vèr que ocupa à algunos de aquellos, que hurtan el tiempo à eſpeculaciones ſublímes, por lo comun inutiles, para darſele à aquellas coſas, que miran mas directamente al bien público, y à la ſociedad. Mr. Duhamel du Monceau, para llenar una parte de las idèas, que las obligaciones de ſu empléo (*) le han hecho producir, acaba de

(*) Inſpectòr General de la Marina.

darnos una Obra, que contiene el Arte de la Cordelerìa, fundada en un gran numero de experiencias, que se han visto hacer en nuestros Puertos; esto no se reduce solamente à una Historia, ò descripcion de lo que se acostumbra practicar en las Oficinas en que se fabrican las cuerdas, sino una coleccion de instrucciones utiles, y nuevas, que pueden procurar à este Arte la perfeccion, que necessita.

Despues de haver hablado de la fuerza de las cuerdas, y del modo con que se puede calcular la resistencia, que resulta de ellas en las máchinas, nos queda que decir alguna cosa de su fuerza, y de las mutaciones de que son capaces, quando estàn alternativamente secas, ò humedas.

Las cuerdas que mas sirven en la mecanica, y de quienes se trata aqui principalmente, son un agregado de fibras, que se sacan de los vegetables, como el cañamo, ò del reyno animal, como la seda, ò ciertas tripas, que se ponen en disposicion de hilarse. Si estas fibras fueran por sì mismas muy largas, acaso bastarìa ponerlas juntas, y liarlas en forma de ház baxo un sorro comun. Este modo de componer las cuerdas, acaso huviera parecido el mas simple, y el mas apto para conservarles la flexibilidad, que es

una

una qualidad muy necessaria ; mas como todas estas materias no tienen sino una longitud muy limitada, se ha encontrado el medio de alargarlas hilandolas : es decir, retorciendolas entre sì, de modo que las unas se unan con las otras, se abracen, y afiancen tambien por las que se siguen ; el frotamiento, que nace de esta union, es tan considerable, que se llegan à quebrar antes de moverse una sobre otra, segun su longitud ; assi se forman los primeros hilos, de cuyo agregado resulta un cordon, y muchos de estos cordones retorcidos, y reunidos entre sì, hacen las cuerdas mas gruessas.

Se juzga facilmente, que la qualidad de las materias contribuye mucho à la fuerza de las cuerdas : se concibe tambien, que un gran numero de cordones igualmente gruessos, debe hacer una cuerda mas dificil de romperse, como una mayor quantidad de hilos, forma un cordon de una mayor resistencia ; pero quál es el modo mas ventajoso de unir los hilos, ò los cordones? El torcido con que se acostumbra liar à estos agregados, dà mas fuerza à las cuerdas de la que tuvieran, si las partes que los componen estuvieran juntas solamente en forma de haces? Esto no se percibe tan facilmente; si se cree à la preocupacion, parece que se de-

ci-

cidirà en favor del torcido; porque de este modo produce una union mas íntima entre las partes, que lo componen, y la fuerza del compuesto parece que depende de esta union.

Hay tambien algunas razones especiosas, que obligaron à muchos Sábios à juzgar, como el vulgo, en este assunto; se sabe en general, que la fuerza de un cuerpo depende de su solidèz, y de su gruesso: el torcido hace una cuerda mas gruessa de lo que fuera, si sus hilos, ò cordones solo estuvieran arrimados unos à otros; porque es un hecho cierto, que torciendo entre sì cinco, ò seis hilos, se hace un agregado mas corto, y mas gruesso; parece, pues, que este gruesso adquirido à expensas de la longitud, debia hacer un cuerpo mas dificil de romper.

Por otra parte el torcido hace tomar à los hilos una direccion obliqua à la longitud de la cuerda, que componen, y como el esfuerzo de una cuerda se hace en su longitud, se sigue, que la fuerza que la tiene tirante, no obra sino obliquamente sobre sus hilos, y que por consiguiente estàn en estado de resistir mejor; porque una accion obliqua tiene menor efecto, que un esfuerzo, que se hace directamente. A pesar de estas apariencias, ha decidido la experiencia,

que

que eſta diſpoſicion, que ſe dà à las cuerdas, cómmoda, y ventajoſa para otros fines, mas bien debilita, que aumenta ſu fuerza. Eſto conſta de un modo muy deciſivo, por una Diſſertacion muy curioſa del Cavallero de Reaumur, (*) en donde parece haverſe tratado la primera vez eſta materia, y de donde he ſacado las pruebas, que voy à referir.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE elige una madeja de hilo de coſer lo mas igual, que ſea poſsible, ſe divide en muchas hebras, cuya fuerza ſe ha probado, ſuſpendiendo de ellas unos peſos conocidos, haſta que ſe rompan. Sabiendo ciertamente lo que pueden ſoſtener ſeparadamente ſin romperſe, ſe tuercen entre sì dos, tres, ò quatro, &c. para hacer una cuerda pequeña, à la qual ſe cuelgan paralelamente los peſos, para ſaber lo que pueden ſoſtener. Veaſe la *fig.* 4.

EFEC-

(*) Mem. de l' Acad. des Scienc. 1711. pag. 6.

EFECTOS.

Los hilos torcidos, en qualquiera numero que se hallen, jamàs sostienen un peso, que iguale la suma del que sostendrìan separadamente.

EXPLICACIONES.

Si el hilo de nuestra Experiencia, empleado èl solo, tiene una fuerza equivalente à seis libras, dos de estos hilos C, D sostendràn sin duda la suma de doce libras; pero para este efecto es preciso, que el esfuerzo se divida igualmente en uno, y otro, y que cada uno no tenga que sostener, sino la mitad de la suma totál, es decir seis libras.

Para hacer percibir mejor la necessidad de esta condicion, imaginémos, que los dos pesos de seis libras E, F, (*fig.* 4.) se junten entre sì, y de modo que de esta suma de doce libras, las dos terceras partes caygan sobre el hilo C, y el otro tercio sobre D. El primer hilo se romperà luego; porque segun nuestra suposicion, solo puede sostener seis libras, y no ocho; mas luego que se rompa por este esfuerzo excessivo, el

el otro se romperà tambien; porque èl solo se hallarà cargado de todo el peso, de que no podia sostener sino la mitad; assi aunque cada uno de estos hilos pudiesse resistir à un esfuerzo de seis; los dos juntos no pueden sostener doce libras, à menos que no estèn cargados igualmente. Pero quando los dos hilos se tuercen entre sì, infaliblemente sucede, que uno de ellos lo estè mas que el otro, y que el esfuerzo del peso se divida desigualmente entre ellos: de donde nace, que no puedan jamàs sostener entre sì las doce libras, que huvieran sostenido separadamente.

Otra razon de este efecto es, que torciendo assi los hilos, se estiran, y esta tension equivale à una parte del esfuerzo, que pueden sostener. Con que yà no quedan en estado de resistir tanto, como pudieran antes de torcerse.

APLICACIONES.

Componiendose siempre los cables, y otros gruessos cordelages, que se emplean, yà en los vageles, yà en las embarcaciones, de muchos cordones, y estos de una cierta quantidad de hilos unidos entre sì, como los de nuestra ultima Experiencia; es evidente,

que no se deberìa atender à toda la resistencia, de que serìan capaces, si no perdieran nada de su fuerza por estàr retorcidos; y esta consideracion es tanto mas importante, quanto depende muchas veces de esta resistencia la vida de muchos hombres.

Pero si el torcido de los hilos dexa en general las cuerdas mas endébles, como lo hemos mostrado; tanto mas endébles seràn, quanto mas retorcidas estuvieren; ésta es una consideracion de mucho valor, principalmente en las fabricas establecidas para el servicio de la Marina, de no torcer, sino lo necessario, para ligar las partes con un frotamiento suficiente. Serìa muy del caso una regla, que prescribiesse el modo à los obreros, y que estos fuessen dóciles, y cuidadosos en su observancia.

Quando hay que hacer algun grande esfuerzo con muchas cuerdas à un mismo tiempo, el no poder salir con el intento, nace de que no estàn tirantes igualmente; y entonces quebrandose unas, despues otras, por las razones, que hemos dicho arriba sobre esta materia, ponen en peligro à los que se sirven de ellas. La igualdad en el tiro de las cuerdas, que concurren à un mismo esfuerzo, no es siempre tan facil, como necessaria. Este es uno de los casos muy frequentes en la

me-

mechanica, en donde el buen éxito depende casi igualmente, assi de la destreza, è inteligencia del que obra, como de las fuerzas con que obra.

Las mutaciones, que pueden ocurrir en las cuerdas por la sequedad, ò por la humedad, dependen principalmente de la materia, y del modo con que estàn hechas; solo me detendrè aqui en las mas notables, y en las que son de alguna importancia en el uso de las máchinas.

Todas las cuerdas, que se componen de muchas fibras, hilos, ò cordones, que se retorcieron juntos, se hinchan, y se hacen mas gruessas, quando el agua las penetra; y al contrario, à proporcion, que se secan, se disminuye un poco su latitud; pero en haciendose mas gruessas, pierden una parte de su longitud, y se destuercen un poco. Estos son dos hechos conocidos mucho tiempo hà, y que yo mismo he comprobado muchas veces con la Experiencia siguiente.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE afianzan en el techo, ò en algun otro parage fixo dos cuerdas de cañamo, de tripas gruessas, &c. y se suspende à las puntas de ellas dos pesos H, K, (*fig.* 5.) que tengan la pesadèz suficiente, para tenerlas tirantes, y que por arriba acaben en punta, y muy cerca de la tableta I L: à la punta de cada una de las cuerdas por encima del peso se pone immediatamente un indice de carton *g*, ò *h*, que hace un angulo recto con la cuerda, que se moja despues de una punta à otra, con una esponja, ò de qualquier otro modo.

EFECTOS.

Se nota lo primero, que las cuerdas se acortan; porque los pesos, que las tienen tirantes, se elevan un poco sobre la tableta. Lo segundo, que se destuercen por el movimiento del indice, que anda poco à poco de la derecha à la izquierda.

EX-

EXPLICACIONES.

El agua ſe introduce en una cuerda, como en los demàs cuerpos poroſos: ſepara las partes, y por eſta razon la cuerda mojada ſe hace mas grueſſa. Mas las partes de una cuerda ſon unas fibras, que ſe cruzan muchas veces por la accion de retorcerſe, y no pudiendo apartarſe una de otra, ſin formar una deſigualdad, y ſin que las extremidades ſe acerquen; es preciſo, que queden mas cortas. Las particulas de agua, que obran en los pequeños interſticios, que ſe hallan entre las fibras, dilatan tambien las que ſe encuentran entre los cordones, y eſta dilatacion hace, que la cuerda aparezca un poco menos torcida.

Pero lo mas notable es, que eſtos efectos acaecen, no obſtante los peſos, que mantienen las cuerdas eſtendidas, y éſtos pueden ſer muy conſiderables; éſte es uno de los exemplos, que ſe puede citar, para moſtrar, que muy pequeñas fuerzas multiplicadas, ſon capaces de producir grandes esfuerzos. Una Experiencia, que es muy curioſa por sì miſma, y que voy à referir, enſeñarà cómo un fluìdo, que ſe introduce en una cuerda, puede hacerla

mas

mas corta, engrossàndola, aunque una potencia considerable se oponga à este efecto.

SEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A, B, C, (*fig.* 6.) son varias vexigas, que se comunican entre sì por varios pedacitos de tubos, que sirven para juntarlas. D, es un peso de 30 libras, que descansa sobre el piè de la máchina, quando las vexigas estàn vacìas.

EFECTOS.

Quando se sopla el ayre en las vexigas por el tubo, que se vè en E, se inflan, y el peso se eleva muchas pulgadas.

EXPLICACIONES.

El ayre, que se introduce en las vexigas, las dilata; pero los lados A A, B B, C C, no pueden apartarse uno de otro, sin que se acerquen las extremidades de cada vexiga, y sin que el todo por consiguiente se haga mas corto, y obligue al peso à levantarse.

Pa-

Para concebir cómo ſe puede elevar por un ſimple ſoplo un peſo tan conſiderable, conviene tener preſente, que todo ſu esfuerzo ſe parte igualmente por toda la ſuperficie de las vexigas: el orificio del canal E, ſolo ocupa una muy pequeña parte de eſta ſuperficie; ſi ſolo ocupa una $\frac{1}{1000}$, por exemplo, la reſiſtencia, que ſe opone à ſu boca, y que es preciſo vencer para introducir el ayre, ſoplando, ſerà ſolo la $\frac{1}{1000}$ parte de 30 libras.

Los dos lados *b* A *b*, *c* A *c* (*fig.* 6.) de una de eſtas vexigas repreſentan muy bien las fibras, que componen las cuerdas; como el ayre dilata las unas, la humedad hincha las otras, y las obliga à hacer grandes esfuerzos.

APLICACIONES.

Lo que acaece à las cuerdas, que ſe han mojado, ſucede tambien relativamente en los hilos torcidos, que ſe deben conſiderar como unas pequeñas cuerdas, yà ſean ſimples, ò yà compueſtas: por eſta cauſa las telas nuevas ſe acortan al primer lavado; y generalmente ſe vè, que todas las eſtofas ſe encogen quando ſe mojan: las que eſtàn fabricadas con dos ſuertes de hi-

hilos, colocados en diferentes sentidos, se acortan desigualmente, y hacen tomar una mala figura à las telas, en que se emplèan. Las medias, y los grandes enlazados no se ponen, ni se pueden quitar, sino con gran trabajo, quando estàn humedos; esta dificultad proviene de la estrechèz, causada por las particulas del agua, que han engrossado los hilos; sin esto, la interposicion de un fluido no servirìa, sino de hacerlas correr mas facilmente sobre el pellejo.

El medio de acortar las cuerdas mojandolas, parece muy util en ciertos casos: se dice (y es una tradicion muy recibida) que levantando un Obelisco en Roma en el Pontificado de Sixto V, hallandose embarazado el Artifice, porque los cordeles se havian alargado mucho, gritò uno: *Mojad los cordeles*; y que haviendo puesto en execucion este proyecto, tuvo felìz éxito. Para verificar este hecho, he tenido la curiosidad de registrar algunas Obras, en donde se vè con un grande orden todo lo que Dominico Fontana hizo por orden del Papa, desde el año de 1586, hasta el fin de 1588: para levantar quatro antiguos Obeliscos, que estaban sepultados entre ruinas; es à saber, el del Vaticano, que se colocò delante de la Iglesia de San Pedro; y otro, que havia

ser-

ſervido al Mauſoleo de Auguſto, y ſe puſo delante de la Igleſia de San Roque; y otros dos, en fin, que eran del gran Circo, de los quales ſe halla el uno al preſente delante de San Juan de Letràn, y el otro delante de nueſtra Señora del Populo. En todas eſtas inquiſiciones no he viſto una palabra acerca de las cuerdas mojadas; no obſtante, no me perſuado, que eſta circunſtancia ſe huvieſſe omitido en eſtas deſcripciones, que ſon à todas luces muy circunſtanciadas: crèo, pues, que el hecho es apocripho; pero ſu poſsibilidad no ſe ha conteſtado por alguna experiencia, y ſe puede inferir de las que hemos expueſto haſta aqui.

Es del caſo obſervar en eſte lugar, que las cuerdas mojadas no pueden vencer grandes reſiſtencias acortandoſe, ſino en quanto eſtàn hechas de materias, que por sì miſmas no pueden alargarſe, como ſon los hilos de los vegetables, ò de la ſeda: ſi ſe mojan las cuerdas de tripas, aunque procuren acortarſe, por las razones que havemos dicho, no obſtante, ſe alargaràn infaliblemente, tirandolas con una cierta fuerza, porque las fibras, que las componen, ſon extenſibles en todos ſentidos; y lo ſon tanto mas, quanto la humedad, que las

penetra, aumenta su flexibilidad.

Como la humedad, y la sequedad hacen dos efectos sensibles sobre las cuerdas, han procurado los Curiosos aprovecharse de estas noticias, para conocer el estado de la Atmosphera, por lo que mira à este efecto; estos instrumentos, que se llaman *Hygrómetros*, y à quienes se les dàn formas tan diferentes, consisten principalmente en una cuerda de cañamo, ò de tripa, que señala, alargandose, ò acortandose, ò torciendose, ò destorciendose la mayor, ò menor humedad, que reyna en el ayre. El mas simple de todos se hace con una cuerda de diez, ò doce pies, que se tiene algo tirante, y en un parage à cubierto de la lluvia, aunque expuesto al ayre libre: se fixa en el medio un arambre, à la punta del qual se prende una pesita, que sirve de indice, y que señala sobre una escala dividida en pulgadas, y en lineas, los grados de humedad, subiendo, y los de sequedad, baxando. Vease la *fig.* 7.

Con mucha frequencia se hacen dichos Hygrómetros con un pedazo de cuerda de tripa, que por un cabo se ata à un punto fixo, y por el otro tiene asido por medio un travesaño, que dà vueltas, à proporcion que la cuerda se tuerce, ò se destuer-

tuerce, y ſeñala (como una mano de Relox) en la circunferencia de un quadrante los grados de ſequedad, y humedad; (*fig.* 8.) ò ſi no, ſobre las extremidades de la barrera ſe fixan dos figuritas, que entran, ò ſalen ſucceſsivamente por las puertas de una caſita de madera, ò cartòn, ſegun que la ſequedad, ò humedad hace torcer, ò deſtorcer la cuerda. A la figura que ſale, quando aumenta la humedad, ſe le pone en la cabeza alguna ſeñal, para que ſe conozca. Veaſe la *fig.* 9.

Solo ſon buenos para divertir niños los Hygrómetros de eſta eſpecie, en que ſe oculta la cuerda, para dárles algun viſo de myſterioſos. Ni hemos de creer, que nos enſeñen, quál ſea el eſtado actual de la Atmoſphera, por lo que mira à la ſequedad, y humedad; porque comunmente eſtàn guardados en apoſentos, ò ſalas cerradas; y la cuerda, que es el alma del inſtrumento, eſtà metida como en un eſtuche, en que el ayre, ò ſe renueva poco, ò nada.

En fin, el mejor de eſtos inſtrumentos no enſeña caſi ninguna otra coſa, ſino que la cuerda eſtà mojada, ò ſeca; porque lo primero, la humedad, que la penetrò una vez, no ſale ſino poco à poco, y ſegun la expoſicion del lugar, de la calma,

ò viento, que reyna; y frequentemente acaece haver perdido yà una gran parte de su humedad, antes que la cuerda pueda dàr alguna señal: lo segundo, todo lo que se puede esperar de un Hygrómetro de cuerda, es que dè à conocer, si hay mas, ò menos humedad en el ayre, respecto del dia precedente; y esto se sabe por tantas señales, que es inutil hacer una máchina, que no enseña otra cosa. Mucho mas importarìa saber quánto se aumenta, ò disminuye la humedad, ò sequedad en uno, y otro tiempo, y poder hacer comparables estas suertes de instrumentos: sin esta ventaja, que no tendràn jamàs, probablemente hablando, los Hygrómetros de cuerdas no merecen que se cuenten entre el numero de instrumentos meteorologicos.

*** *** *** ***
*** *** ***
*** ***
***

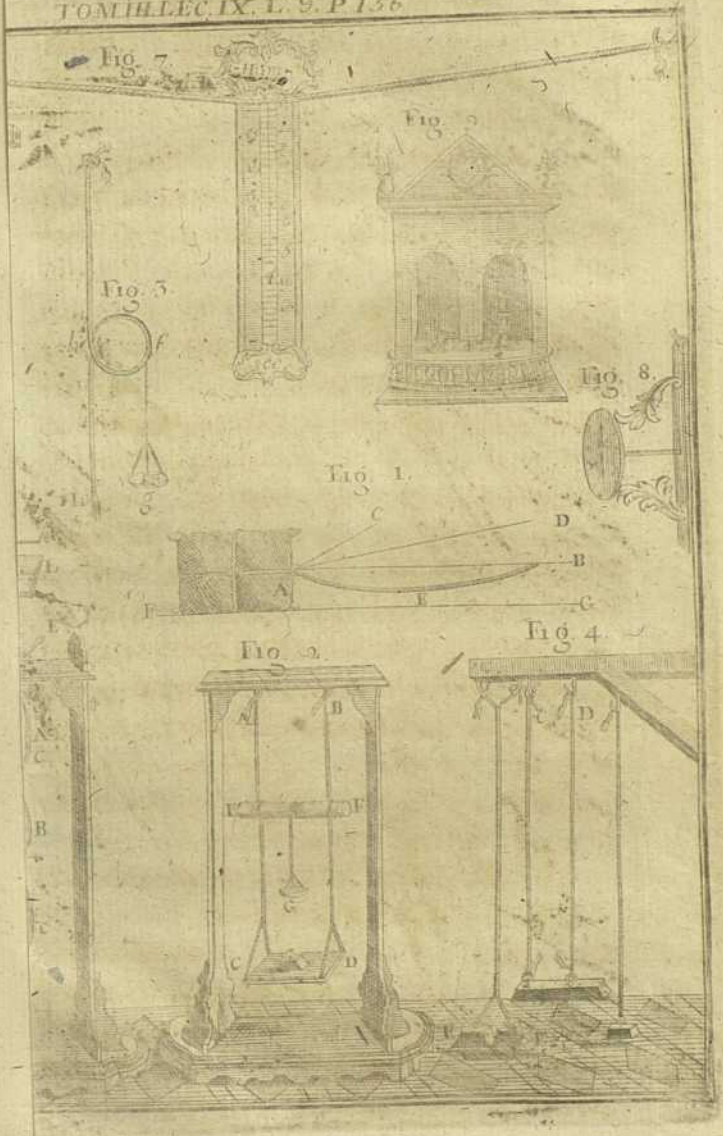


Fig. 7.
Fig. 6.
Fig. 5.
Fig. 8.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 4.

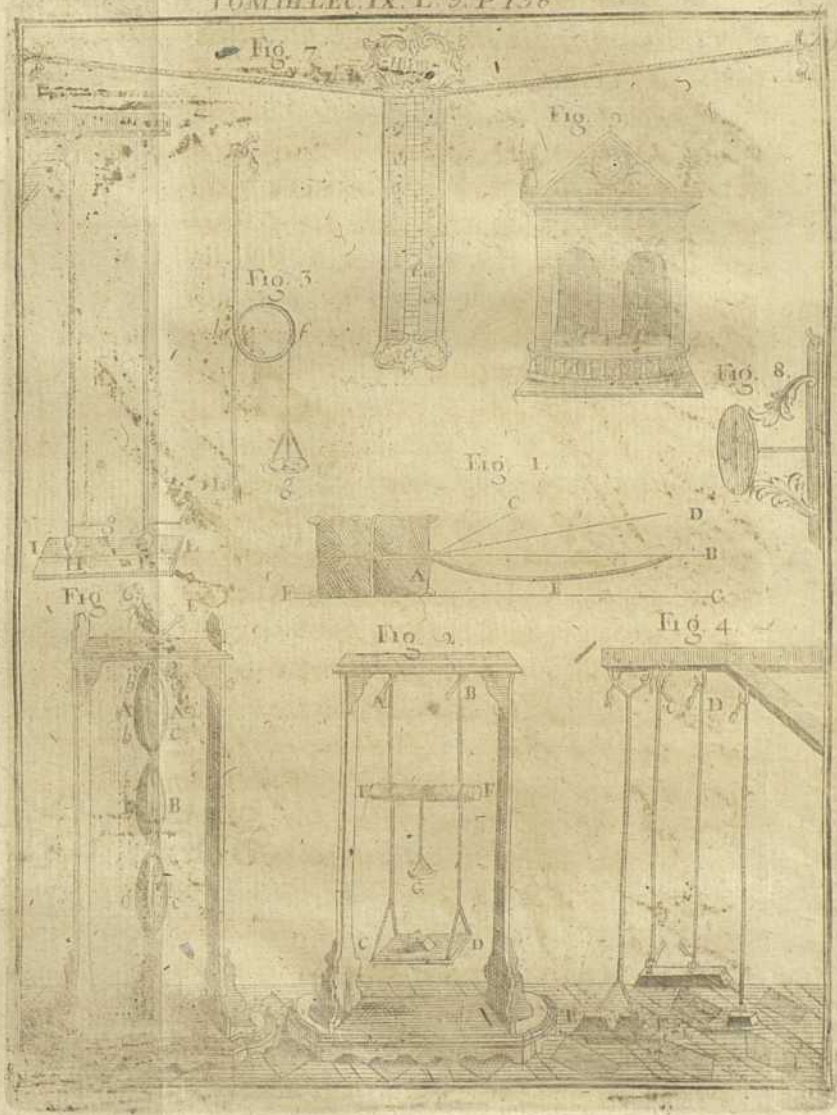


Fig. 7.
Fig. 5.
Fig. 8.
Fig. 1.
Fig. 6.
Fig. 2.
Fig. 4.

LECCION X.

SOBRE LA NATURALEZA, y propriedades del Ayre.

HAY pocas materias, cuyo conocimiento nos interesse tanto, como el del ayre. Este fluido, en el qual nos hallamos sumergidos desde el instante de nuestro nacimiento, y sin el qual no podemos vivir, merece sin duda la atencion de todos los racionales, que le respiran; su accion continua sobre nuestros cuerpos, tiene mucha parte en los diferentes estados, que experimentan: tenemos siempre algo, que esperar, ò que temer de las mutaciones, de que es susceptible. Por las propriedades, y por las influencias del ayre dà la naturaleza el acrecentamiento, y la perfeccion à todo lo que produce para nuestras necessidades, y usos; y por este mismo medio transporta, y distribuye los principios de la fecundidad à diferentes partes de la tierra. El ayre agitado es, por decirlo assi, el alma de la navegacion: por me-

medio del viento los Vageles, que se pueden mirar como otras tantas Ciudades flotantes, passan de un lado del Oceano al otro; y se vè todos los dias un comercio de Naciones, que parecia se havian de desconocer perpetuamente, mirando à la distancia de los lugares. El sonido, la voz, la palabra misma, son un ayre herido, y un soplo modificado, que viene à ser el vehiculo de nuestros pensamientos, y que tiene facultad para excitar, y calmar las passiones. (a) Tántos, y tan maravillosos efectos no se pueden aprehender con indiferencia: el espiritu, que es capàz de admirarlos, no puede ser insensible al gusto, que recibe en el conocimiento de sus causas.

Por qualquier parage, que caminemos sobre la tierra, yà mudando de clima, yà elevandonos de los lugares mas baxos à la cima de las mas altas montañas, siempre se hallarà ayre: no se conoce lugar alguno, ni algun tiempo, en que este fluido haya faltado: esta consideracion nos autoriza à creer, que el globo, que nosotros habitamos, està rodeado de ayre por todas partes,

(a) *Ipse aër nobiscum videt, nobiscum audit, nobiscum sonat, nihil enim eorum, sine eo fieri potest.* Cicer. *de Nat. Deor. lib.2.cap.33.*

tes, y esta especie de circuito, ò circunvalacion, que se llama comunmente la *Atmosphèra*, tiene funciones tan notables, tiene tanta parte en el Mechanismo de la Naturaleza, que no se puede dudar que haya comenzado con la tierra, y que no deba durar tanto como ella.

En qualidad de Atmosphèra terrestre tiene el ayre ciertas propriedades, que no le pertenecen, quando solo se considera una pequeña porcion, y se abstrahe de qualquiera materia extraña mezclada con èl. Como estas propriedades no son, por decirlo assi, sino accidentales, y no proceden directamente de la naturaleza del ayre; antes bien se originan muchas veces de su quantidad, de la figura de su masa, de su mezcla con otros cuerpos, &c. crèo, que serà muy del caso comenzar, estableciendo aquellas, que siempre tiene en qualidad de ayre, è independientemente de las condiciones, de que acabamos de hablar.

*** *** ***
*** ***
***

SEC-

SECCION PRIMERA.

DEL AYRE CONSIDERADO en sì mismo, independiente del tamaño, y figura de su masa.

ES casi inutil decir, que el ayre es una substancia material: si exceptuamos à los niños, que no tienen aùn uso de razon, y à los hombres grosseros, y sin educacion, que jamàs han reflexionado sobre las cosas mas comunes: no hay persona al presente, que no reconozca en este fluido los principales atributos, que caracterizan los cuerpos, como son la extension, la divisibilidad, la resistencia, &c. Todo el Mundo sabe, que puede recibir, y comunicar el movimiento; y si se dice, que un vaso està vacìo, quando se echa en èl agua, es una expression autorizada por el uso; pero se reconoce en ella generalmente la falsedad, ò la poca propriedad de su aplicacion.

Los Autores, asi antiguos, como modernos, reconocieron, que el ayre era una ma-

materia: algunos de los primeros, que lo calificaron de *espiritu*, se sirvieron sin duda de este termino, en un sentido figurado, para explicar la sutileza de este fluido, ò para dàr à entender, quán necessario era para la vida de los animales, y para el acrecentamiento de las plantas; pero si se toma esta expresion literalmente, se halla dificultad en traducir la palabra latina *spiritus* por la de *espiritu*; significa igualmente un soplo, y un ayre agitado: y se debe creer, que ningun Physico lo ha entendido de otra manera. En quanto à lo demàs, la autoridad no tiene fuerza ninguna, quando se halla en contradiccion con la Experiencia; el uso del Abanico hace sentir la resistencia del ayre à las personas mismas, que buscan los medios de convencerse; y quando probamos la impenetrabilidad de los cuerpos en general, las experiencias, que empleamos entonces, pusieron à la vista especialmente la de ayre.

Algunos Physicos (*) pensaron, que el ayre podia ser una mezcla de las partículas

(*) Otton de Guerik Exper. nova Magdeb. lib. 2. cap. 1. & lib. 4. cap. 1. Boyle Exper. Phys. mech. edit. Genev. 1677. pag. 69. S'Gravef. Physices Element. Mathem. p. 36. edit. 1742.

mas sutíles,que se exhalan de todos los otros cuerpos, que estando muy divididas, para volver à tomar su primera forma, permanecian baxo la de un fluido particular, que componian: pero ademàs de que esta opinion no està apoyada sobre alguna prueba, el ayre tiene sus propriedades constantes, sus caractéres inalterables, por los quales se dà siempre à conocer, y no dexarìan de variar, segun las circunstancias de tiempo, y de lugar, si es verdad, que dependen de la descomposicion de muchas materias, y del conjunto de tantas extracciones. Es, pues, muy natural el pensar, que el ayre es una substancia determinada, cuya naturaleza està fixa, que sus partes integrantes son homogeneas, ò que sus principios han estado unidos desde luego, para no ceder à algun esfuerzo de quantos podriamos hacer para descomponerlo.

La fluidèz del ayre es tal, que no la vémos cessar jamàs,mientras sus partes se tocan, y que su contiguidad no se interrumpe por una grande quantidad de materia extraña. Vémos comunmente elarse los licores con el frio: ciertos fluidos comprimidos cessan de correr, y se fixan baxo la figura, que se les hace tomar; pero en qualquier clima, y en qualquiera disposicion, que nos ha-

hallemos, no ſe vè jamàs alguna parte de la Atmoſphéra ponerſe ſólida; y la compreſsion mas fuerte, que en eſto ſe ha empleado, no ha podido endurecer, ò fixar el ayre. La fluidèz ſerà, pues, de ſu eſſencia? Es abſolutamente impoſsible, que la pierda? Eſto es lo que no ſabemos; pero ſerìa una temeridad atreverſe à decir lo contrario, ſin manifeſtar las pruebas.

Eſta fluidèz tan conſtante del ayre vendrà unicamente de la ſutileza de ſus partes, como lo penſó un ſábio Chimico? (*) Eſto no ſe preſumirà, ſi ſe repara en que el agua, y algunos otros licores, que ceſſan de ſer fluidos por un grande frio, paſſan al travès de ciertos cuerpos, que el ayre no puede jamàs penetrar; (**) porque ſi la pequeñèz de las partes fueſſe capàz de mantener conſtantemente, la fluidèz, ò el agua, no deberìa elarſe mas que el ayre; ò el ayre, que no ſe yela jamàs, deberìa tener ſus partes mas finas, y mas penetrantes que las del agua. Porque es un hecho conteſtado por Mr. de Reaumur, (*) que el ayre no paſſa al travès

(*) Boerhave Chem. tom. 1. pag. 230.

(**) Boyle nov. Exp. Phyſic. mech. edit. Genev. pag. 108.

(*) Mem. de l' Acad. 1714. pag. 59.

del papél mojado, ni de algunas otras materias, que son muy aptas para filtrar el agua: de donde resulta, que las partes del ayre son mas gruessàs, ò menos sutiles que las del agua, à menos que la figura de las unas no compense la pequeñèz de las otras.

Es, pues, verisimil, que el ayre permanece constantemente fluido, porque es perfectamente elastico: si solo fuera compressible, sus partes aproximadas podrian tal vez tocarse de muy cerca, para formar un cuerpo duro, y nada les obligarìa à salir de este estado, como la nieve apretada entre las manos toma la figura, y la consistencia de una bola sólida; mas el resorte, que ellas tienen, tira siempre à rarificar la masa, que componen; porque la mas fuerte compressión solo puede apretarlo, pero no forzarlo; por este medio, dichas partes conservan aquella mobilidad respectiva, en que consiste la fluidèz.

Las partes integrantes del ayre se pueden concebir, como unas hilachitas retorcidas en forma de espiras flexibles, y elasticas, y el conjunto de ellas, como una vedija de algodòn, ò de lana cardada, que apretandola, puede reducirse à menor volumen; aunque siempre tira à recobrar su primer estado. Esta idèa solo debe mirarse, como un bosquexo de la naturaleza del ayre;

re; y confiesso sinceramente, que podràn apostarse ciento contra uno, à que las partes de este elemento no tienen la figura, que yo les atribuyo: pues para suponerlas assi, no tengo mas razon que su flexibilidad, y resorte; y pueden sin dudar ser elasticas, teniendo otras figuras muy distintas de la espiral. Admitiendo esta hypothesis con la mayor parte de los Physicos, no intento decir lo que son, sino lo que pueden ser: y esto lo hago, menos por tomar partido acerca de su figura, que por ponerme en estado de dàr mejor à conocer el resorte admirable del fluido, que componen, y algunas otras propriedades, de que hablarè despues.

Se dice comunmente, que el ayre es seco; mas por què se le atribuye esta qualidad? Es acaso porque levanta de la superficie de los cuerpos la humedad, que se encuentra en ellos? En efecto, sucede muy frequentemente, que hace el oficio de una esponja; pero tambien en muchos casos humedece los cuerpos, que encuentra, porque las partes aquosas, de que està siempre mas, ò menos cargado, se pegan à ciertas materias mas facilmente, y mas fuertemente, que al ayre mismo: se expone el lino al ayre, para que se seque; pero la mis-

misma diligencia tendrìa un efecto contrario, respecto de la sal de tartaro, ò de qualquiera otra; por esso las cuerdas, ò telas, que se meten en el agua del mar, se secan dificilmente al ayre; porque el agua permanece tenazmente pegada à las partículas salinas, que se hallan en la superficie.

Se dirà acaso, que el ayre es seco, porque no humedece, como los licores? Entonces serà preciso convenir en lo que se debe entender por el termino de *mojar*, ò *humedecer*; si significa pegarse à la superficie de cuerpos sólidos, se debe quedar de acuerdo, que el ayre moja à lo menos un gran numero de materias; porque es un hecho cierto, que si se echa en un vaso algun licor, que obligue à salir el ayre, permanece siempre una porcion de este fluido pegado à las paredes; no se percibe comunmente, porque es muy ténue, y transparente; pero se hace sensible, quando se dilata, yà sea calentando fuertemente el vaso, ò yà sea metiendolo en el vacìo: y por esta razon un Barometro, que no ha podido llenarse al fuego, es decir, en donde el Mercurio no ha podido hervir en el tubo, aparece empañado, y no se percibe sino una infinidad de bolitas de ayre, que estàn pegadas al vidrio. Si *mojar* significa la impres-

preſsion, que ſe hace ſobre el pellejo, quando tocamos un licor, (impreſsion ſiempre diferente de la de un cuerpo ſólido; porque las partes movibles entre sì, y muy desleìdas ſe meten en los poros, y procuran un contacto mas exacto) en eſte ſentido, el ayre moja tambien, y ſi noſotros lo percibimos menos, eſto proviene de la impreſsion, que ſuele hacer ſobre nueſtro pellejo, y que nos es mas familiar: ſu modo de mojar es diferente ſin duda del de los otros licores, como eſtos tambien mojan diferentemente los unos de los otros; el eſpiritu de vino moja de otro modo que el agua, y eſta no moja como el aceyte: es decir, que ſu aplicacion ſobre el pellejo excita diferentes ſenſaciones. Sabiendoſe yà por un numero infinito de obſervaciones familiares, que el ayre es material, y que ſus partes reunidas forman una maſa reſiſtente, movible, y capàz de mover otros cuerpos; es caſi ſuperfluo examinar ſi peſa; porque aunque la peſadèz no ſea un atributo eſſencial à la materia, y la podamos concebir ſin eſta tendencia al centro de la tierra, no obſtante, no tenemos exemplo alguno, que citar, el qual nos autorice, para exceptuar al ayre de eſta ley comun; y debemos preſumir, que eſtà ſujeto à ella,

co-

como los otros cuerpos sublunares, à menos que no tengamos algunas pruebas en contra.

Pero muy lexos de tener alguna razon, para atribuìr al ayre una ligereza absoluta, nos obliga un sin numero de hechos à reconocer su pesadèz: hemos referido muchos, tratando de la Hydrostatica, y propondrèmos otros, que lo prueban directamente.

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 1. representa una de aquellas bombas, que se llaman comunmen- *Machinas Pneumaticas*; aunque este nombre (tomandole segun su etymologìa) conviene igualmente à todas las máchinas, que sirven à las experiencias, que se hacen acerca del ayre; no obstante, por un uso, que ha prevalecido, denota especialmente aquella, con la qual se hace el vácuo (es decir, con que se extrahe el ayre de un vaso) quizàs porque tiene mas celebridad, que las otras, y porque por su medio se hace un gran numero de curiosos, y utiles descubrimientos en este genero. Su primer Autor

tor fuè Otton de Guerike, Cónsul de Magdeburg, que comenzò à dárla à conocer en Ratisbona el año de 1654. Algunos años despues, Boyle hizo construìr una muy semejante, que perfeccionò mucho despues. El grande uso, que hizo de esta máchina el Philosopho Inglès, y el éxito de sus experiencias hicieron perder de vista al Magistrado Alemàn, à quien se debe la invencion. De suerte, que al presente el principal efecto de esta bomba se llama comunmente *el vacìo de Boyle.* Monsieur Homberg, picado de los progressos, que havia hecho la Physica en Alemania, y en Inglaterra, por medio de esta ingeniosa máchina, y no ignorando de quánta utilidad podia ser en las manos de los sabios; buscò medios para hacerla mas exacta; y por su diligencia la Academia Real de las Ciencias, de quien era miembro, hizo hacer una, havrà cerca de quarenta y cinco años, que se vè aún en el Jardin del Rey entre los instrumentos, que le pertenecen. En fin, hallandome yo en una profession, que me hace el uso de esta bomba tan frequente como necessario, me he aplicado à ponerla tal, que pueda ser de un servicio mas seguro, mas cómmodo, y mas extenso, que el que havia tenido anteriormen-

te. Se podrà juzgar, si he llenado estos tres objetos, leyendo en las Memorias de la Academia en los años de 1740. y 1741. las mutaciones, y aumentos, que he dado à esta máchina, cuya Historia, y descripcion se hallarà alli con otras menudencias, que no puedo poner aqui.

Dirè solamente para facilitar la inteligencia de los hechos, que haya de referir en la série de esta Leccion, que la máchina Pneumatica, de que me sirvo, se compone de seis piezas; à saber, primero, de un cuerpo de bomba de cobre A; segundo, de un émbolo, cuyo mango remata en figura de estrivo B, para baxarse con el pie, y guarnecido de un gabilán, que tiene su puño, para levantarse con la mano. Tercero, de una canilla, en donde se vè la llave en D. Quarto, de una platina cubierta con un cuero mojado, sobre el qual se pone el recipiente, ò la campana de vidrio E. Quinto, de un pie F G con dos tabletas H, H, que pueden levantarse, y baxarse como se quisiere; sexto, de una rueda I K L, con la qual se pueda dàr un movimiento muy rápido à lo que estè dentro del recipiente, despues que se ha sacado el ayre.

Como no se puede hacer el vacìo de una vez, conviene, que se pueda subir el

 ém-

émbolo, ſin que éntre en el recipiente el ayre, que ſe havia ſacado, y que paſſó al cuerpo de la bomba: para eſte efecto la llave de eſta máchina eſtà colocada de manera, que haciendola dàr un quarto de vuelta, ſe abre una comunicacion, por la qual, levantandoſe el émbolo, arroje ácia fuera el ayre de la bomba, y le cierre al miſmo tiempo la entrada al recipiente. Deſpues volviendo à poner la llave en la primera ſituacion, ſe pone en eſtado de renovar la miſma operacion.

Las otras funciones de eſta máchina dependen de las propriedades miſmas del ayre, que darè à conocer en adelante; por lo qual difiero por ahora hablar de ella, haſta que haya dado una idèa de eſte fluido, en que obra.

La *fig.* 2. es un balòn de vidrio, que contiene cerca de ſiete azumbres y media, medida de Parìs: el cuello eſtà guarnecido de una virola de cobre, y de una llave, que ſe ajuſta à un tornillo, que excede algunas lineas la platina de la máchina Pneumatica en el centro, de ſuerte que ſe puede ſacar el ayre, y conſervarle en eſte eſtado.

La *fig.* 3. es una balanza muy movible, en la qual ſe pone en equilibrio el balòn vacìo; y para conſervar en la balanza

una mayor movilidad, disminuyendo el frotamiento de su exe, se puede pesar el balòn en agua, lo que es facil de executar, añadiendo algunas pesas, que lo obliguen à hundirse enteramente: la balanza entonces està cargada de sola la gravedad respectiva del balòn hundido, que puede disminuirse todo lo que se quiera, y del peso, que se le pone de la otra parte, para tenerla en equilibrio, como lo hicimos vèr en la octava Leccion, por las experiencias, que probaban la segunda proposicion.

EFECTOS.

Quando se abre la llave del balon colgado, para dexar entrar el ayre, y se cierra despues para dexarla hundir, sin que el agua pueda entrar, se halla siempre mas pesado, que el peso de la otra parte, con el qual estaba en equilibrio.

EXPLICACIONES.

Esta Experiencia es la mas simple, y mas decisiva de todas las que se emplèan para probar, que el ayre tiene una pesadéz absoluta; porque se sabe, que en el uso de la balanza ordinaria un peso no pue-

puede levantarſe, ſino por otro mayor: el balòn, pues, ſe hace mas peſado, luego que ſe llena de ayre: con que es una ſeñal cierta, que eſte aumento viene del fluido, que ha recibido.

Se dirà tal vez, que llenandoſe el balòn, no recibe eſte nuevo peſo del ayre, que entra, ſino por lo comun de los cuerpos extraños, y de los vapores aquoſos, de que eſtà ſiempre cargado, y ſe introducen con èl.

Aunque eſta objecion tenga à la primera viſta todos los viſos de una indigna dificultad, y no haya parado caſi à ninguna perſona de quantas han hecho, ò han conocido eſta experiencia antes que yo, no obſtante, no puedo diſsimular, que me ha parecido fuerte, principalmente deſde que he viſto por las pruebas hechas en diferentes tiempos, que un volumen de ayre de dos, ò tres medias azumbres, tomadas à bulto en la Atmoſphera, contenia ſiempre baſtante agua, para hacer una onza de ſal de tartaro ſenſiblemente humeda, y mas peſada; porque ſi ſe junta al peſo del agua, el de otras materias, que eſtàn infaliblemente mezcladas con ella en el miſmo volumen de ayre, y que la ſal de tartaro no ha abſorbido, ſe podria tal vez creer,

que

que de toda la pesadèz del fluido mixto no hay cosa que pertenezca à las partes proprias del ayre.

Esta consideracion hizo decir à Mr Boerhaave, (a) que el ayre, como tambien el fuego, podria muy bien no pesar ácia alguna parte determinada del Universo: no me he detenido en esta conjetura, y lexos de ceder à la dificultad, me determino à combatirla, por lo que voy à decir.

Suspendase el balòn lléno de ayre en la balanza, y tengase en equilibrio con un peso conocido: despues, sin mudar de situacion, apliquese à la llave un syphòn, que corresponda à la Máchina Pneumatica para hacer el vacìo; à medida, que se rarifica al ayre, se vèn caer à el fondo del balòn los vapores, de que estaba cargado, y que no son por su naturaleza aptos à dilatarse como èl, y à seguirle: de esta manera hago que se queden en el balòn (à lo menos por la mayor parte) estos cuerpos extraños, à quien se podria atribuir, que debia todo su peso; y estoy como assegurado, que lo que sale del vaso es ayre puro; no obstante, cerrando la llave, y queriendo volver à poner el balòn vacìo en equilibrio con

(a) Chemia tom. 1. pag. 267.

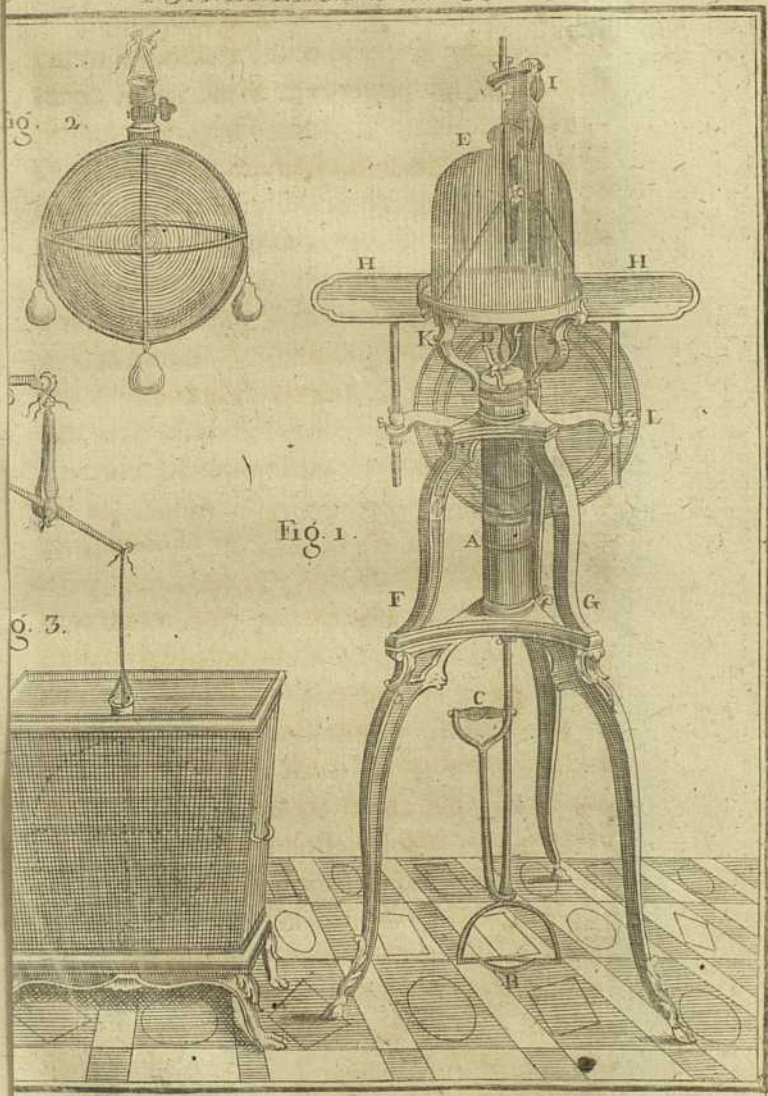


Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 1.
I
E
H
H
K
D
L
A
F
G
C
B

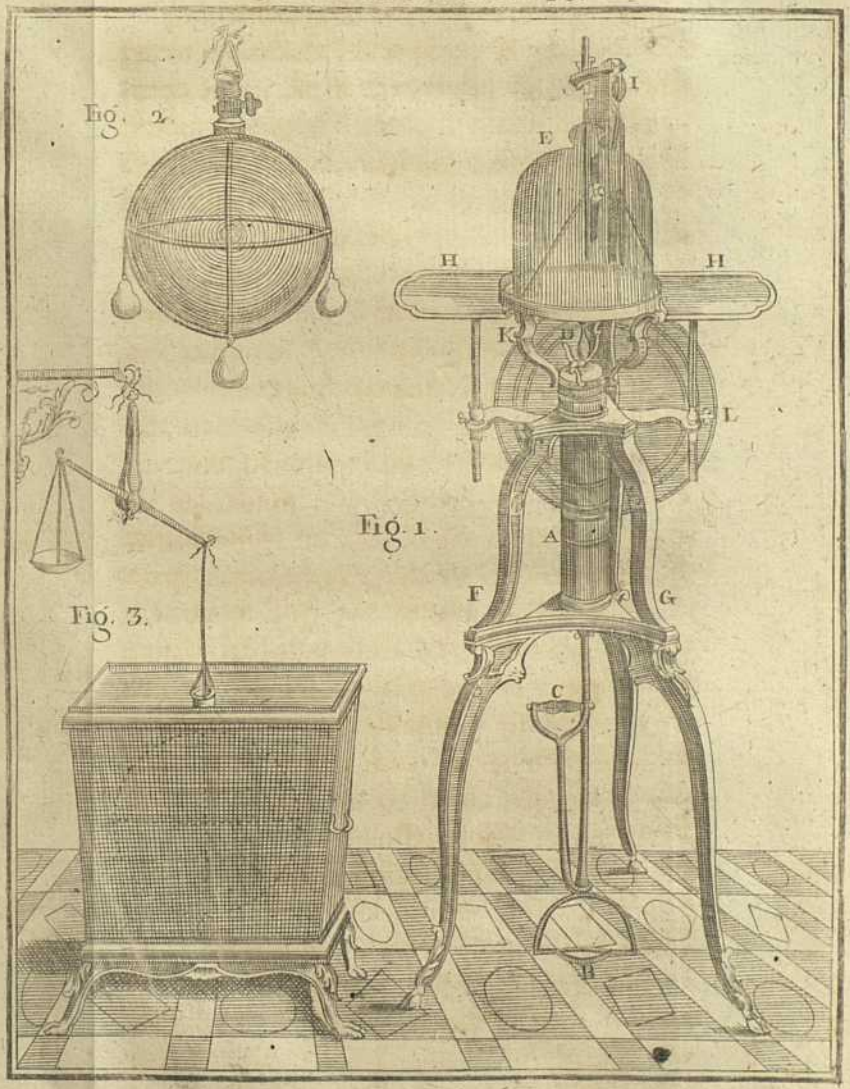


Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 3.
I
E
H
H
K
D
L
A
F
G
C
B

con el primer peso, se halla, con poca diferencia, tanto mas ligero, quanto era antes mas pesado en la primera experiencia: de donde sale incontestablemente, que el ayre, por sì mismo, è independientemente de los vapores, y de las exhalaciones, con que se mezcla, aumenta el peso de un vaso, quando le llena.

APLICACIONES.

Por medio de las experiencias, que acabo de referir, no solamente se puede assegurar la gravedad absoluta del ayre, sino tambien se puede conocer quál es su gravedad especifica, comparando un volumen de ayre conocido, cuyo peso se sabe de antemano, con un igual volumen de alguna otra materia, que se pesa separadamente: un exemplo harà esto mas inteligible.

Despues de puesto el balòn lléno de ayre, y hundido en el agua, en equilibrio en el brazo de la balanza, si le hago mas ligero, sacando la mayor parte del ayre que contiene, el peso que añado despues al otro lado para restablecer el equilibrio, es justamente el del ayre, que ha salido. Vuelvo al punto à meter el balòn en el agua, de ma-

manera, que el orificio mire al fondo del vaso, y abro el tornillo; entonces el peso de la Atmosphera, hace que éntre en el balòn un volumen de agua igual al del ayre, que ha salido: cierro el tornillo, pongo el balòn en su primera situacion, y cargo el plato de la balanza, hasta que todo estè en equilibrio; entonces el peso, que es preciso añadir, es el del volumen de agua, que entrò en el balòn; y asi, comparando los dos pesos, vèo la proporcion, que hay entre los dos volumenes iguales de ayre, y de agua. Procediendo asi Mr. Hauxbée, hallò, que la gravedad especifica del ayre es à la del agua, poco mas, ò menos, como 1 à 885.

Estando à la relacion de estas experiencias, creerìa de buena gana, que no hay cosa mas facil de executar, que comparar el peso del ayre con el de qualquiera otro fluido por medio de la balanza: no obstante, no se logra el fin, sino con mucho cuidado; y por mas precauciones que se tomen, siempre son inciertas las resultas.

La dificultad viene lo primero, de que todos los fluidos, y generalmente todos los cuerpos, se dilatan por el calor, y se condensan por el frio: de suerte que el ayre, y el agua, comparados en el mes de Junio,

no

no tienen la mifma denfidad, que en el mes de Enero: efte inconveniente no ferìa de tanta confequencia, fi dilatandofe, ò condenfandofe eftas materias, guardaffen fiempre entre sì la mifma relacion; pero fucede muy al contrario, y es negocio de mucha importancia conocer bien las variaciones, que experimentan, fegun fus difeyentes temperamentos.

Lo fegundo: Afsi como no hay ayre perfectamente puro, afsi tampoco hay agua, que no contenga alguna cofa extraña; y por mas que digan algunos Autores, hay muchas aguas, que al mifmo grado de calor, y de frio difieren fenfiblemente entre sì en orden à fu gravedad. Pues fi es neceffario faber, què agua, ò què ayre fe ha pefado para concluir con precifion la proporcion de uno à otro, folo podrèmos afirmar en general un *poco mas*, ò *menos*.

Lo tercero: Las variaciones del Barometro nos enfeñan, que la Atmofphera no es fiempre una mifma; y prefto verèmos, que el ayre muda fu denfidad, fegun eftà mas, ò menos comprimido. Puede acontecer, que el volumen de ayre, medido por la capacidad del balòn, fea mas pefado en un tiempo que en otro; y por efta caufa

Mr. Hauxbée, en la relacion de su experiencia, no omitiò ni la altura actual del Mercurio en el Barometro, (a) ni el modo con que procediò: en lugar de citar solamente el mes, (b) huviera sin duda señalado el temperamento por el grado del Termometro, si los huviera tenido entonces comparables, como al presente.

Lo quarto: Para comparar exactamente el peso del ayre con el del agua, conviene, que por el orificio del balòn sin ayre éntre justamente otra tanta agua, quanto ha salido de ayre, sin lo qual no se compararian entre sì dos volumenes iguales. Mas se sabe, que quando un licor se halla en el vacìo, el ayre, que contiene, se desprende, y se levanta ácia arriba: en este caso se halla el agua, quando comienza à subir en el balòn: se pone blanca por la quantidad de bolas de ayre, que se escapan: y ocupando éstas la parte superior del vaso, impiden que no éntre tanta agua, como deberia entrar, mirando al vacìo, que havia quedado. Convendrìa, pues, tener bien purgada de ayre el agua, que se quie-

(a) 29 pies Ingleses; esto es, un poco menos de 28 pulgadas Francesas.

(b) En el mes de Mayo.

quiere usar en esta experiencia; y esto no parece, que se haya hecho hasta el presente: de donde nace, que se ha determinado concluìr la gravedad especifica del ayre, algo mayor de lo que es en efecto.

No nos debemos, pues, sorprender de encontrar tan poca union entre los Autores, que han tentado esta especie de Experiencias; sobre todo en un tiempo, en que los progressos eran tanto mas dificiles, quanto se estaba menos instruìdo de los hechos, y que no havia los medios, que pueden ayudar al presente. Galilèo determinò la proporcion del ayre al agua, como 1 à 400: el P. Mersene, como 1 à 1346: què diferencia! De todos los Physicos, que se han aplicado despues à resolver esta question, ninguno ha encontrado el ayre tan pesado, como lo serìa siguiendo la primera de estas resultas, ni tan ligero como parecia serlo por la ultima: (a) y si

(a) En sus Experiencias Physico-Mechanicas assegura Boyle, que el agua comun es 938 veces mas pesada que el ayre; y en otro lugar varìa este cálculo. Mr. Homberg, como consta en la Historia de la Academia de las Ciencias, despues de haver mudado varias veces de opinion, pone la proporcion del ayre al agua, como 1 à 1087. Mr. Halley como 1 à 800: M. Hauxbée como 1 à 885: Mr. Muschembroeck como 1 à 681.

se toma un medio entre ellos, parece muy constante, que el agua llovediza es cerca de 900 veces mas pesada que el ayre, tomados uno, y otro en un temperamento medio, como de doce grados mas arriba del termino del yelo, estando el Barometro à las 28 pulgadas.

Estando, pues, los volumenes en razon recíproca de sus gravedades especificas, serìa necessario un volumen de ayre de una densidad uniforme, è igual à 900 pies cubicos, para hacer equilibrio con un piè cubico de agua, que pesa cerca de 70 libras; de donde se sigue, que la gravedad absoluta de un piè cubico de ayre es con corta diferencia una onza, y dos gruessos. (a)

Conocida una vez la gravedad del ayre, no debe causar admiracion el que la mano se pegue à un pequeño recipiente, abierto por arriba, quando se hace el vacìo por medio de la Máchina Pneumatica; porque mientras que el vaso està lléno de un ayre tan denso como el de la Atmosphèra, la mano se halla apoyada, no solamente sobre los

(a) Wolf. Elem. Aerom. pag. 741. dice, que un piè cubico de ayre pesa una onza, y 27 granos.

los bordes, mas aun ſobre la maſa del fluido, que eſtà encerrado, y que reſiſte à la preſsion exterior; pero quando ſe hace el vacìo, la mano ſiempre oprimida por el ayre de afuera, no ſe halla yà ſoſtenida, ſino por los bordes del recipiente; y para ſepararla, ſerìa preciſo hacer de abaxo arriba un esfuerzo capàz de levantar la columna de ayre, que peſa por encima. Y el peſo de eſta columna iguala al de un cilindro de Mercurio, que tendria por baſe el plano, terminado por los bordes del recipiente, y ſeria de 27 à 28 pulgadas de altura, como ſe ha viſto por la famoſa Experiencia de Toricelli en la Leccion ſeptima.

De aqui ſe ſigue, que eſta preſsion es tanto mayor, y mas ſenſible, quanto el recipiente tiene mas abertura por arriba; y por eſta cauſa la mano queda mas aſida, que la punta del dedo, quando ſe pone ſobre el agugero miſmo, que eſtà en el centro de la platina; y por la miſma razon, una llave horadada, que ſe chupa, y que ſe pega deſpues à la lengua, ò al labio, ſe deſpega tanto mas dificilmente, quanto el cañon es mas grueſſo.

Quando, pueſta la mano ſobre un recipiente abierto por arriba, ſe ſaca el ayre en la Máchina Pneumatica, ſe tendrà cuida-

dò

do de que los bordes de la boca del vidrio nò ſean muy delgados, porque podràn ſin duda cortar el pellejo. Eſto puede probarſe con media manzana, ò con un troncho de nabo. Al baxar el embolo la primera vez, caſi ſiempre ſucede, que ſe deſprende un circulo de la manzana, ò nabo, y éntra en el vaſo con ímpetu, y ruido.

Eſta adherencia, que ſe puede alcanzar por la preſsion del ayre exterior, podria ſer muy util en la Cirugìa: no háblo de la ventoſa, que es tan conocida, y cuyo uſo eſtà al preſente muy deſpreciado en Francia; mas havrà muchas ocaſiones, en que ſea preciſo tener aſida por un poco de tiempo una parte delicada, que por ſu figura, por ſu volumen, ò por ſu delicadeza, no puede tomarſe con tenazas, ù otros inſtrumentos. Una pequeña bomba, cuyo orificio eſtà formado en figura de pavellòn, con ciertas dimenſiones, y guarnecida del modo neceſſario para la operacion, ſerìa un medio ſeguro, y ventajoſo en las manos de un hombre inteligente. A las perſonas del Arte ſe dexa el juzgar de la aplicacion, que ſe podria hacer de eſte medio.

Parece, pues, que eſta preſsion del ayre exterior, que viene de ſu peſo, debia quebrar las campanas de vidrio, con que ſe cubre la

pla-

plàtina de la Máchina Pneumatica para hacer el vacìo; pero por poca atencion, que ſe haga, ſe verà, que eſtos vaſos, eſtando ſiempre uniformemente redondos, en forma de cilindro, ò de bobeda, ſe hallan libres de eſte accidente: como la ſuperficie exterior es neceſſariamente mayor, que la de adentro, todas las partes, que componen el grueſſo, vienen à quedar en forma de cimbrias, y ſon otras tantas cuñas, ò pyramides truncadas, que ſe ſoſtienen mutuamente, á proporcion que eſtàn oprimidas ácia un exe, ò centro comun, por la accion de un fluido, que peſa en todas direcciones. Se puede vèr por la *fig.* 4. el grueſſo de un recipiente cortado ſegun ſu exe, y por la *fig.* 5. el miſmo vaſo cortado paralelamente à ſu baſe.

Lo que prueba bien, que la forma redonda defiende los vaſos contra el peſo del ayre, quando ſe hallan vacìos, es, que ſe quiebran infaliblemente, quando tienen otra figura. Apliqueſe à la Máchina Pneumatica el que ſe repreſenta por la *fig.* 6: eſtà abierto por una, y otra parte, como el pequeño recipiente, ſobre el qual ſe aplica la mano; mas en lugar de taparle aſsi, ſe extiende, y ſe ata por encima un pedazo de vexiga mojada, que le ſirve de fondo, y

que

que se dexa secar : conforme và andandō la bomba para hacer el vacìo por abaxo, el peso del ayre exterior hace tomar à esta vexiga estendida la forma de un casquete puesto al revès; y en fin, rebienta con estallido. Un pedazo de vaso de vidrio, ò de espejo, que se pusiesse en lugar de esta vexiga, se quebrarìa tambien, si estuviesse aplicado exactamente à los bordes de un vaso, por medio de un cuero interpuesto, ò de qualquiera otro modo. Aquellas botellas de vidrio delgado, que son muy chatas, y estàn ordinariamente cubiertas de mimbre, se quiebran con mucha frequencia, quando se aplican à la boca medio llenas de licor para beber; porque la succion, ò atraccion rarifica el ayre interior, y el peso de la Atmosphèra, obrando sobre los dos lados chatos, los oprime uno contra otro, y quiebra el vaso.

Estas suertes de pruebas, y sobre todo la de la vexiga, causan siempre alguna admiracion à las personas, que las vèn la primera vez, por el gran ruido, que las acompaña. Este efecto viene de que el ayre entra con una gran ligereza, (a) y muchas veces

(a) Segun Mr. Papin, al entrar en el vácuo el ayre de la Atmosphèra, và con una velocidad tan

ces en gran volumen en un vaſo vacìo, en donde hiere las paredes; porque el ruido nace primitivamente del choque de los cuerpos, como lo moſtrarèmos deſpues, y los fluidos ſon muy capaces de chocar contra los ſólidos.

Algo ſemejante à eſto ſe nota, quando de golpe ſe deſtapa el eſtuche de un mondadientes, un tintero de faltriquera, ò quando ſe tira del émbolo de una geringa tapada por abaxo: en tal caſo queda un eſpacio vacìo, que tira el ayre exterior à llenar con prontitud, luego que halla libre entrada; porque al abrir el eſtuche, ſe aumenta la capacidad A B (*fig.* 7.) toda la cantidad B C, y queda el ayre interior enrarecido otro tanto; pues en vez de quedar contenido entre A B, como lo eſtaba en ſu eſtado natural, llega à eſtenderſe haſta C. Eſto ſe entenderà mejor en explicando el modo, con que ſe enrarece el ayre en la Máquina Pneumatica.

La denſidad del ayre, de la qual depende ſu gravedad eſpecifica, no es conſtante: varìa mucho, no ſolo por el frio,

tan grande, que correrìa con ella 1305 pies en un ſegundo de tiempo. *Abreg. de Lowtorps, tom.* 1. *pag.* 586.

y el calor, como sucede à qualquiera otra materia, sino tambien por la mayor, ò menor compresion, al modo de los cuerpos elásticos. Digo *al modo de los cuerpos elásticos*, porque mientras el ayre està comprimido, conserva constantemente la facultad de estenderse, y ocupar mayor espacio, siempre que cessen las causas, que estrechaban su volumen: como la crin, la lana, y la pluma blanda, &c: con esta diferencia, que todas estas materias pierden su elasticidad en todo, ò en parte, quando estàn fuertemente, ò por mucho tiempo comprimidas; y el ayre al contrario se restablece siempre perfectamente: à lo menos se puede decir, que no hay al presente algun hecho conocido, que prùebe lo contrario. (a)

El ayre se comprime à sì mismo por su proprio peso, de modo que el que nosotros respiramos en una llanura, està menos denso, que el que se encuentra en una montaña; porque éste està cargado de una columna mas corta que aquel. Pero de qualquier

(a) Mr. de Roberval guardò por 15 años ayre comprimido en una caña: al cabo de dicho tiempo mostrò el ayre tanta fuerza, quanta suele tener en casos semejantes.

quier modo que el ayre ſe comprima, ſu reſorte hace ſiempre equilibrio con la potencia, que oprime ſu volumen: de manera que ſi ſu reaccion queda libre, podrà hacer, en qualidad de fluido elaſtico, todo lo que huviera podido hacer la fuerza, que ſe huviera empleado en comprimirlo: las Experiencias ſiguientes ſerviràn de iluſtracion, y de pruebas à eſtas propoſiciones.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

E, F, G, (*fig.* 8.) es un tubo de vidrio, encorbado en forma de ſyphòn, con un brazo de 8 pies de largo, y otro de 12 pulgadas, contando deſde *d* haſta G: dicho tubo puede tener interiormente 3, ò 4 lineas de diámetro, y la parte *d* G ha de ſer perfectamente cilindrica: eſtà abierto por la parte E, y cerrado por la otra G: ſe ſujeta bien à una tabla grueſſa, de modo que no ceda al peſo: éſta eſtarà dividida por pulgadas deſde *d* haſta E, y deſde *d* haſta G. Eſtando derecho el inſtrumento, ſe le echa un poco de mercurio, haſta que quede lléno el eſpacio, que coge la curbatura,

y despues se prosigue echando mercurio en el brazo mayor. Conforme éste se và llenando, se observan, por las graduaciones señaladas, las proporciones que guardan entre sì las alturas del mercurio en uno, y otro lado.

EFECTOS.

Quando el mercurio se eleva quatro pulgadas sobre el punto *d* en el lado mas corto, contando desde el nivèl de esta elevacion, se encuentran 14 pulgadas en el mas largo. Si se prosigue echando mercurio, se nota, que seis pulgadas en G, corresponden à 28 pulgadas de la otra parte; y 9 pulgadas à 84.

EXPLICACION.

Antes de echar mercurio en el instrumento, toda su capacidad està llena de un ayre, que se comprime por el peso mismo de la Atmosphèra: echando mercurio en la curvatura *d*, se divide este ayre en dos columnas, de las quales E *d* sufre siempre la misma compresion de parte del ayre exterior, con quien comunica; y la otra *d* G se debe considerar como un resorte com-

pri-

primido de antemano por el peſo de la Atmoſphèra: luego que el mercurio eſtà en equilibrio conſigo miſmo en la linea *d h*, eſta pequeña columna de ayre, que hace tambien equilibrio por ſu reſorte, y peſa en *d*, no debe aumentar, ni diſminuìr ſu volumen; mas luego que ſe añade mercurio en el otro lado mas largo, no ſe levanta igualmente en el mas corto; porque el ayre, que ſe encuentra encerrado, le ſirve de obſtáculo. Eſta opoſicion no obſtante, no impide, que ſe hálle oprimido en un eſpacio mas corto, porque entonces eſtà opreſſo, no ſolamente por el peſo de la Atmoſphèra, como antes, mas aun por una columna de mercurio, cuya altura no debe contarſe, ſino deſde el nivèl de ſu elevacion en el lado mas corto, pueſto que lo que eſtà debaxo de eſta linea es igual por una, y otra parte.

Traygaſe à la memoria, que hablando del Barometro, (a) obſervamos, que una columna de mercurio de cerca de 28 pulgadas de altura, peſa tanto como una columna de ayre de la miſma baſe, y de la altura de la Atmoſphèra: con que 14 pulgadas de mercurio añadidas al peſo del ayre

(a) Tom. 2. Lecc. 7.

re exterior, aumentan un tercio la presion que exercita contra el que està entre G *d*. Por esto el volumen de esta porcion de ayre se condensa, y este cilindro, en vez de permanecer à la altura de un piè, disminuye quatro pulgadas, que son el tercio de su primera longitud.

Por la misma razon, quando la columna de mercurio està 28 pulgadas mas arriba de su nivèl, se dobla el peso de la Atmosphèra, y el ayre que sostiene esta doble compresion, solo forma un cilindro de 6 pulgadas de altura; es decir, que su volumen se disminuye la mitad.

En fin, 84 pulgadas de mercurio hacen tres columnas, una sobre otra, de 28 pulgadas cada una, cuya suma iguala tres veces el peso de la Atmosphèra, y por consiguiente hacen que pierda tres quartos de su volumen la columna del ayre *d* G, que comprimen; y asi esta columna de 12 pulgadas se reduce à 3.

Esta experiencia, que se debe à Boyle, (a) y à Mr. Mariotte, (b) prueba muy bien, como se vè, que el volumen del ayre comprimido se disminuye, à proporcion que

(a) *Contra Linum, pag.*42.

(b) *Oeuvres de Mariotte in* 4. *tom.*1. *pag.*153.

que ſe aumenta la preſsion; y pueſto que la denſidad de una materia crece à medida que ſus partes ſe acercan, y ocupan entre sì un menor eſpacio, ſe puede decir, que el ayre ſe condenſa en razon directa del peſo de que eſtà cargado. No obſtante es muy razonable (a) el creer, que eſta proporcion no tiene lugar en los grados ſumos; ò ſerìa preciſo ſuponer gratuitamente, que el ayre tuvieſſe para eſto un privilegio excluſivo; porque no conocemos cuerpo alguno elaſtico, que pueda comprimirſe *ad infinitum*, y ſiempre proporcionalmente à las potencias, cuya accion experimenta. Por otra parte, como el ayre no eſtà jamàs puro, y las materias, de que eſtà cargado, no ſon compreſsibles como èl, ſe debe creer, que deſpues de una compreſsion tan grande, dexarìan ſus partes de ſer flexibles, porque eſtarìan apoyadas ſobre cuerpos extraños, que naturalmente no ceden à ninguna fuerza conocida.

Para hacer con exactitud la experiencia, que acabo de referir, conviene lo primero, que los dos brazos del inſtrumento eſtèn paralelos entre sì, teniendolos en una ſituacion muy vertical, mientras ſe obſer-

(a) *Hiſt. de l' Academie* 1702. *pag.* 2.

ſervan las alturas del mercurio; porque como los liquidos peſan en razon de ſu altura perpendicular al horizonte, ſi los brazos eſtuvieſſen inclinados, la preſsion no ſerìa como la longitud de las columnas, que encierran. Lo ſegundo, ſe ha de tener cuidado de no calentar, ni enfriar el volumen de ayre contenido en el brazo *d* G; porque mudarìa de dimenſiones, preſcindiendo de la preſsion, que ſufre por parte del mercurio, y del ayre exterior. Lo tercero: El brazo mas corto debe ſer interiormente bien cilindrico; porque de otra ſuerte las partes iguales, medidas en èl à lo largo, no darìan capacidades ſemejantes, y no ſe podrìa concluìr con exactitud el grado de condenſacion del ayre, por la contraccion de la columna, que repreſenta, à medida que ſe aumenta la compreſſion.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN la *fig.* 9. I, I, repreſenta un vaſo lleno de agua, cuyo temperamento ſe obſerva con un thermometro, que ſe mete en èl: ſe ſujeta en eſte primer vaſo con un pe-

peſo, ò de otra ſuerte una botella, que tenga el orificio L, L, muy ancho: ſe prepara deſpues un tapòn de corcho, que eſtà agugereado por medio, para recibir el tubo del barometro K M, y ſe pone uno, y otro, de manera que la parte inferior del barometro eſtè en la botella; deſpues ſe echa ſobre el tapòn un poco de cera derretida, y mezclada con trementina, para impedir la comunicacion entre el ayre de adentro, y el de afuera; mas por temor que el calor de la cera no caliente al ayre interior, y no mude ſu denſidad, ſe dexarà abierto en el tapòn un agugerito, que no ſe tapa haſta que todo eſtà bien frio: deſpues ſe pone una ſeñal en el ſitio, en que queda elevado el mercurio en el barometro.

EFECTOS.

No ſolamente el mercurio no ſube, ni baxa en el inſtante, en que ſe encierra, mas aunque deſpues denote algunas variaciones, ſiguiendo el temperamento del lugar en que ſe halla; ſiempre que ſe vuelve à poner en el grado de calor, ò de frio, que tenia en el vaſo I I, en donde ſe hizo la preparacion, ſe vuelve à la altura indicada por la ſeñal: y eſte efecto es ſiempre el

mismo despues de muchos años.

EXPLICACIONES.

Un instante antes, que se cierre la botella, comunicando el ayre interior contenido en ella con el de afuera, compone con èl parte de la atmosphèra, sostiene su presion, y la transfiere, estrivando contra las paredes interiores del vaso, y contra todo lo que se halla encerrado en èl; este ayre obra entonces, pesando sobre el vaso del barometro, y sostiene el mercurio à 28. pulgadas. Luego que la botella se cierra, yà no le queda à esta misma masa de ayre mas que su proprio peso, que es muy poco en comparacion del de la Atmosphéra, con quien comunicaba de antemano; pero no obstante queda comprimida de toda la fuerza de aquel peso, de que yà no està cargada, y su reaccion es igual à dicha fuerza; por esta razon sostiene, en qualidad de cuerpo elastico, las 28 pulgadas de mercurio, que antes sostenia, quando pesaba con el ayre exterior. De aqui se infiere, que no solo el resorte del ayre es igual à la fuerza, que le ha comprimido, mas se vè tambien, que esta elasticidad no se disminuye, como la de otros cuerpos por la succes-

ceſsion del tiempo; pueſto que el mercurio ſe mantiene, ò vuelve ſiempre al miſmo grado de elevacion, aunque por muchos años ſe conſerve la miſma maſa de ayre en experiencia.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 10. repreſenta dos hemiſpherios cóncavos de cobre, y de ſeis pulgadas de diámetro: uno de ellos tiene una llave, cuyo tornillo puede ajuſtarſe à la máchina Pneumatica: y el otro tiene un anillo en medio de ſu convexidad, para poder colgarſe facilmente. Eſtos dos hemiſpherios ſe unen en forma de globo, y para hacer la juntura mas facil, y mas exacta, tiene uno de ellos en ſus bordes un anillo chato, cuyos labios ſalen por afuera tanto como exceden ácia adentro; ſe cubre de un pellejo mojado, ſobre el qual ſe aplican los bordes del otro hemiſpherio, que ſe havrà pueſto bien derecho. Eſtando todo aſsi diſpueſto, ſe enrarece el ayre interior, y ſe cierra la llave para tenerlo en eſte eſtado. Haviendo quitado los hemiſpherios de la máchina Pneumatica, ſe ſujeta à la llave un

gancho de metal capàz de sostener un peso de 60 libras, y el anillo se cuelga de qualquier punto fixo.

EFECTOS.

Colgados dichos hemispherios unidos de este modo, como puede vérse por la *fig.* 11. el peso de 60. libras, que se ha aplicado, no es capàz de separar el uno del otro; y quando se abre la llave para dexar entrar el ayre, la menor fuerza los desune.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

QUando los dos hemispherios estàn unidos entre sì por la evacuacion del ayre, en lugar de quitarlos de la máquina Pneumatica, se destorceràn solamente dos, ò tres tuercas à la llave, que los une con la bomba, para poder enrarecer el ayre de un recipiente con que se cubriràn. Este vaso debe estàr abierto por arriba, y guarnecido de una caxa de cobre llena de cueros untados de grassa, apretados unos contra otros, al travès de los quales pas-

sa

ſa una barreta de metal muy redonda, y cilindrica. Eſte metal tiene por un lado un anillo, con el qual ſe puede mover de arriba abaxo, y dàr vueltas; y en la otra punta tiene un gancho, que éntra en el anillo del hemiſpherio ſuperior, como ſe repreſenta por la *fig.* 12. Por medio de eſta caxa de cueros, quando eſtà bien hecha, ſe puede introducir qualquier movimiento en el vacìo, ſin que los movimientos del metal dèn entrada al ayre, à lo menos en una cantidad ſenſible. Es inutil decir, que en lugar del garfio, que ſirve en eſta experiencia, ſe puede ajuſtar à la punta del metal qualquier otro inſtrumento, ſegun lo pidan las circunſtancias.

EFECTOS.

Quando ſe rarifica el ayre del recipiente haſta cierto grado, y ſe tira de la barreta de abaxo arriba, los dos hemiſpherios ſe ſeparan ſin trabajo; y ſi ſe vuelve à poner en ſu ſitio el ſuperior, dando nuevo paſſo al ayre en el recipiente, ſe unen tan fuertemente, como lo eſtaban antes, que ſe puſieſſen en el vacìo.

EX-

EXPLICACIONES.

Los dos hemispherios no se únen entre sì mientras que el ayre, que està encerrado en ellos, permanece en su estado natural; esto es, tan denso, como el de afuera; porque el esfuerzo, que hace para extenderse, y para separarlos, es precisamente igual al de la Atmosphèra, que los oprime exteriormente; y uno, y otro se halla en equilibrio entre dos potencias de una misma virtud.

Pero quando el ayre interior se halla rarificado por la accion de la bomba, la fuerza de su resorte queda otro tanto mas débil; el equilibrio se interrumpe, y la adherencia de los dos hemispherios es proporcionada à la diferencia, que hay entre la densidad del ayre, que oprime exteriormente, y à la del que resiste por de dentro: de modo que si éste pudiera reducirse à cero, serìa preciso emplear para separar estas dos piezas un esfuerzo algo mayor, que el peso de una columna entera de la Atmosphèra, cuya base tuviesse seis pulgadas de diámetro: lo qual harìa mas de 400. libras; suponiendo solamente, segun la valuacion comun, que una columna de

la

la Atmosphèra hace una presion de 10, ù 11. libras sobre un espacio circular de una pulgada de diámetro.

Puesta yà la bola vacìa baxo un recipiente, que le quita la comunicacion con la Atmosphèra, no se debe atribuìr al peso de ésta la adherencia de los dos hemispherios uno contra otro, sino à la reaccion de una masa de ayre, comprimida de antemano por dicho peso, y que es capàz de los mismos efectos: por esto no se separan facilmente las dos piezas, hasta haver afloxado con la rarefaccion el resorte del ayre ambiente, disminuyendo su densidad con la bomba, hasta que quede tan enrarecido, como el que permanece en la bola.

Si volviendo à entrar el ayre en el recipiente, encuentra los dos hemispherios reunidos: de manera que no pueda introducirse, y extenderse, como en lo restante del vaso, los oprime de nuevo uno contra otro por la misma razon, con que havian estado antes unidos, y con la misma fuerza, si hay la misma diferencia entre los dos ayres interior, y exterior.

APLI-

APLICACIONES.

De los principios, que acabamos de fundar, se infiere, que el ayre se enrarece en un vaso por medio de la máquina Pneumatica: porque baxando el émbolo de un extremo de la bomba al otro, queda un espacio sin ayre, en el qual no dexa de extenderse el del recipiente, en fuerza de su elasticidad. Ahora pues: una masa de ayre, que se divide de este modo en dos espacios, queda necessariamente mas rara en uno, y otro; por esto el peso de la Atmosphéra produce al mismo tiempo los dos efectos siguientes. Primero: Une el recipiente à la platina, como se ha visto, que une entre sì los dos hemispherios de metal. Segundo: Si el ayre exterior no puede entrar por lo alto de la bomba, el mismo peso de la Atmosphèra hace que el émbolo suba en parte; esto es, hasta que el ayre, que està en la bomba, se halle tan denso como el de afuera.

Este ultimo efecto es digno de atencion: muchos no gustan de la máquina Pneumatica simple, por la dificultad que encuentran en subir el émbolo: se ahorra mucha parte de este trabajo, quando se hace la llave, de manera que el ayre pueda

pas-

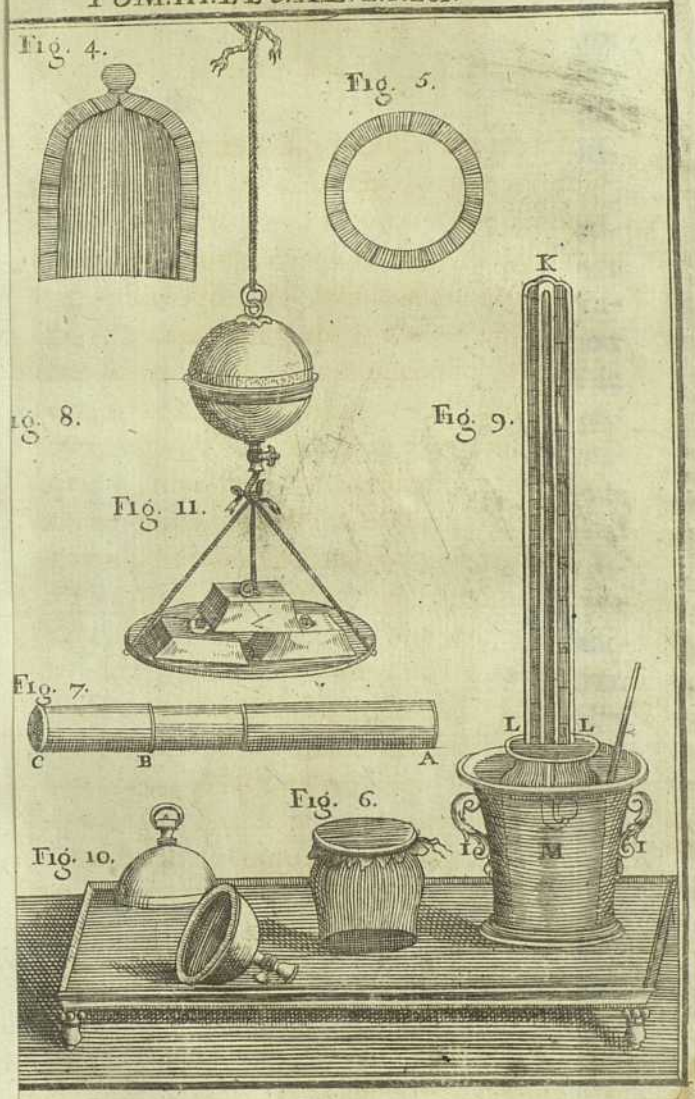


Fig. 4.
Fig. 5.
K
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 11.
Fig. 7.
L
L
C
B
A
Fig. 6.
Fig. 10.
I
M
I

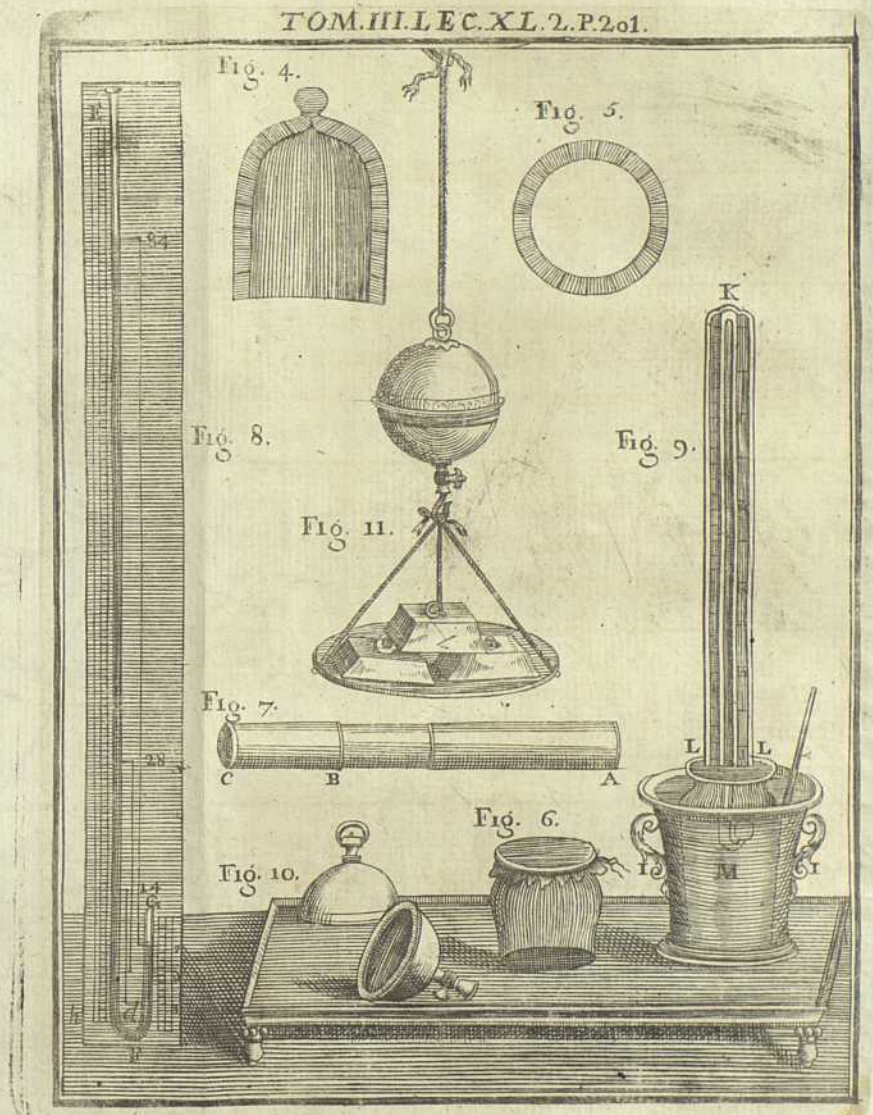


Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 11.
Fig. 7.
Fig. 6.
Fig. 10.
K
L
L
I
M
I
C
B
A
28

paſſar bien de dentro afuera de la bomba, pero no pueda entrar de afuera adentro: porque con eſta precaucion, (*) el émbolo ſe levanta, como por sì miſmo, y queda poco que hacer, ſobre todo yà à los ultimos grados de rarefaccion.

La adherencia del recipiente à la platina ſe aumenta, à proporcion que el ayre ſe enrarece; y eſta rarefaccion ſigue à cada movimiento del émbolo la proporcion de las capacidades. Si, por exemplo, la de la bomba es igual à la del recipiente, al primer golpe la denſidad del ayre ſe diſminuye la mitad; porque ſu volumen ſe duplìca, llenando dos eſpacios ſemejantes al que ocupaba antes: al ſegundo golpe ſe dilata aún en la miſma proporcion, y por conſiguiente ſu denſidad ſe reduce à la quarta parte, y proſigue en eſta proporcion. De aqui parece inferirſe, que una máchina Pneumatica, por perfecta que ſea, no puede jamàs evacuar perfectamente el ayre del recipiente, pueſto que ſu denſidad ſe diſminuye ſiempre en proporcion Geometrica. En una palabra, para no formarſe una idèa falſa del vacìo de que hablamos, ſe debe

(*) Veanſe las Memorias de la Academia en el año 1740. pag. 413.

considerar el recipiente, como que està siempre lleno; pero de un fluido, cuya densidad se disminuye mas, y mas, hasta que el resorte de sus partes se haya estendido quanto puede, en un espacio en donde està poco oprimido: digo poco oprimido, por no decir absolutamente, que no lo està; porque parece, que lo està aún, quando se han agotado todos los esfuerzos de la mejor máchina Pneumatica, como se verà por lo que se sigue.

Facilmente se prueba con la experiencia, que la rarefaccion del ayre en el recipiente es proporcionada à la proporcion, que hay entre la capacidad de este vaso, y la de la bomba. Adápteſe un barometro à un recipiente, cuya capacidad sea à la de la bomba, por exemplo, como dos à uno, y apliquese à la máquina Pneumatica, como se vè por la *fig.* 13. Al primer movimiento del émbolo se disminuye un tercio la densidad del ayre, por lo qual baxarà el mercurio un tercio de su altura, y baxando de 27 pulgadas, quedarà en 18; al segundo quedarà el ayre un tercio aun mas raro, que al primero; y el mercurio baxarà tambien un tercio de las 18 pulgadas: es decir, à 12, y siempre irà disminuyendo del mismo modo la tercera parte del ultimo remanente.

Com-

Comprobado bien este hecho, se podrà hallar de una vez la proporcion de las capacidades de qualquier recipiente, y de la bomba, à que se aplica: y si se conoce el tamaño absoluto de una de ellas, por esta comparacion se sacarà el de la otra; porque lo primero, si el mercurio baxa al primer movimiento del émbolo una quarta parte de su altura, se puede concluìr con toda seguridad, que la capacidad del recipiente es à la de la bomba, como 3 à 1; y lo segundo: si se sabe por otro lado, que la bomba tiene una azumbre, se sabrà de esta manera, que el recipiente tiene 3: este modo de medir los vasos podia ser de mucha utilidad.

Por este medio se pueden calcular los grados de rarefaccion del ayre; y yà hà tiempo que se aplica para este efecto el barometro à la máchina Pneumatica: mas como de ordinario no hay necessidad de conocer con exactitud el estado del ayre, sino quando se acerca à los ultimos grados de rarefaccion, se puede entonces evitar el gasto de un barometro entero, por ser muy fragil, y embarazoso. Supuesto que en un ayre muy dilatado solo guarda el mercurio algunas pulgadas, ò lineas de altura, se puede mirar lo restanre del tubo, que

permanece vacìo por arriba, como inutil, y por consiguiente puede suprimirse. Para esto se tiene un barometro truncado, que no es otra cosa, que un Syphòn pequeño boca arriba, cuyo brazo mas largo se llena de mercurio: está sellado hermeticamente por arriba, y se sujeta derecho sobre un pie de plomo con una regla de madera delgada, y graduada en pulgadas, y en lineas. Vease la *fig.* 14.

Pero yà sirva este barometro truncado, yà se aplique à la máchina el entero, nunca se vè, que el mercurio baxe perfectamente à su nivèl; siempre permanece elevado un poco mas alto, si por otra parte no hay otras causas, que lo obliguen à lo contrario. (*) No debe, pues atribuirse esto al peso del ayre, que queda en el recipiente: la columna, que corresponde à la de mercurio, es muy corta, y su densidad està muy disminuìda, para tener una gravedad sensible; pero puede creerse naturalmente, que quando el ayre se halla sumamente dilatado, su resorte, aunque suficiente para sostener una linea de mercurio, està yà muy debilitado para vencer los frotamientos, y los

(*) Veanse las Memor. de la Academ. de las Ciencias en el año 1741. pag. 345.

los vapores craſſos, que ſe oponen à ſu tránſito, en el canal eſtrecho de la llave: imperfeccion, aunque corta, de que las mejores máchinas Pneumaticas no eſtàn libres; pero de eſte defecto no ſe ſiguen dañoſas conſequencias, y quando no haya otra falta, ſe puede ſiempre reducir la denſidad del ayre à la trecenteſima parte de la que tiene, quando el barometro ſeñala las 28 pulgadas; pues en una buena bomba baxa el mercurio una linea de ſu nivèl con corta diferencia, y 28 pulgadas dàn 336 lineas.

Entendiendo bien el modo, con que obra el ayre, yà por ſu peſo, yà por ſu reſorte, ſe explicaràn facilmente una infinidad de hechos curioſos, que ha dado à conocer el uſo de las máchinas Pneumaticas, y la facilidad, que ſe ha adquirido de hacer el vacìo. Una vexiga, en que eſtà encerrado un poco de ayre, y que ſe pone en el vacìo, no dexa de hincharſe, porque el poco de ayre que contiene, ſe dilata por sì miſmo, à medida que ſe diſminuye la denſidad del que le circunda: y en tal caſo un plomo, que peſe 12, ò 15 libras, no impedirìa que ſe hinchaſſe; porque no ſerìa equivalente à la preſsion del ayre, que dexa de obrar al rededor de ella en el recipiente.

Por la miſma razon una botella de vidrio

drio delgado, y llena de ayre bien tapada, falta en el vacìo, porque yà no hay nada, que haga equilibrio al resorte del ayre, que contiene, y que hace un esfuerzo continuo por extenderse. Un huevo dentro de un vaso se vacìa por un agujerito, que se hace en la parte inferior, quando se dilata el ayre, que le rodèa; luego se llena por el mismo agujero, quando se dexa entrar el ayre en el recipiente: la razon es, porque un huevo, principalmente si està añejo, contiene tambien ayre, el qual està en el sitio mas elevado de la cascara en fuerza de su ligereza: este ayre se extiende, y se lleva por delante à la materia propria del huevo, à medida que se disminuye la presion del ayre exterior, con la qual estaba antes en equilibrio; luego que el ayre entra en el recipiente, su presion hace que vuelva à entrar todo lo que saliò de la cascara, y encierra el ayre interior en el primer espacio que ocupaba.

Esta explicacion se hace sensible en una redoma llena de agua, cuyo orificio éntra en un vaso: se dexa una bolita de ayre, que no dexa de ocupar la parte superior, y se pone todo en el vacìo. Vease la *fig.* 15. Porque à proporcion que se dilata el ayre del recipiente, se vè, que la bola se extiende mas,

mas, y mas, (*a*) y que precipita el agua, que eſtà encerrada con ella. Si deſpues de eſto vuelve el ayre à entrar en el recipiente, el licor ſube, y el ayre vuelve à tomar ſu primer volumen ſobre ella.

Una manzana añeja ſe deſarruga en el vacìo, porque el ayre que eſtà debaxo de ſu caſcara, ſe extiende, y la levanta; pero quando deſpues ſale del vacìo, queda mas arrugada que antes, porque extendiendoſe el ayre, que contenia, ſaliò en parte, y eſſo tanto menos le queda para reſiſtir à la preſſion del ayre exterior, que aumenta las arrugas de la caſcara. Serìa ſuperfluo referir aqui todas las experiencias de eſta eſpecie, que ſe han practicado, y que formarìan antes un eſpectaculo muy agradable, y entretenido, que un agregado de pruebas neceſſarias, para aclarar los principios, que quedan al parecer eſtablecidos con ſolidèz: baſta que ſe entiendan bien algunos de eſtos hechos; los demàs tienen facil explicacion. Pero deſpues de haver dado à conocer el reſorte del ayre dilatado por el peſo de la Atmoſ-

(*a*) De una experiencia ſemejante infiere Mr. Mariotte, que el ayre, ſupueſto el eſtado que tiene en la Atmoſphèra, puede ocupar un eſpacio 4000. veces mayor, que el que ocupa comunmente. *De la Nature de l'Air*, pag. 173.

mosphèra, y los diferentes grados de rarefaccion de que es susceptible este fluido, partiendo del estado en que està comunmente à la superficie de la tierra; serà ahora muy del caso dàr à conocer lo que se puede aumentar su densidad, y su resorte, quando se sujeta à una presion mayor que la de la Atmosphèra.

SEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 16. representa un vaso de cobre, que se llena de agua cerca de dos tercios de su capacidad; se junta despues el canal N O, guarnecido de una llave, que se ajusta al tornillo del vàso: la extremidad inferior O, que està abierta, queda cerca de una linea distante del fondo: en N se adapta la pequeña bomba compressiva P R, (*fig.* 17.) con la qual se hace entrar por fuerza mucho ayre: despues que se ha cerrado la llave, se quita la bomba, y se pone en su lugar un saltador con uno, ò muchos agujeros. En la bomba éntra el ayre por un agujero abierto en P, sobre el qual se levanta el émbolo, que al baxar obliga al mismo ayre à passar por un agujero abierto en el fon-

fondo, en el qual hay una válvula por afuera para impedir que el ayre no éntre en la bomba, quando ſe levanta de nuevo el émbolo.

EFECTOS.

Luego que ſe abre la llave, el agua ſale del vaſo en forma de un caño, que al principio ſube à la altura de 25, ò 30 pies, y luego và en diminucion.

EXPLICACIONES.

La cantidad de ayre, que entra en el vaſo, ſube deſpues al travès del agua, en fuerza de ſu ligereza, y ſe và à juntar con el que ocupa el lugar L N Q, cuya denſidad ſe aumenta otro tanto: eſte ayre, aſsi comprimido, tiene una fuerza elaſtica mucho mayor, que el peſo del ayre exterior, que reſiſte en el orificio N del canal. Eſta fuerza ſe expande ſobre la ſuperficie del agua, y la obliga à ſalir por el canal que eſtà abierto, con tanta mas ligereza, quanta es mayor la diferencia entre la denſidad del ayre, que eſtà encerrado en el vaſo, y la del ayre exterior; y como el ayre, que arroja al agua, và ocupando un eſpacio mayor, à proporcion que el vaſo ſe vacia, ſu re-

resorte se debilita cada vez mas; y por esta razon el caño no es tan alto al fin como al principio.

El que no quisiere creer, que el efecto dicho nace, como decimos, de la falta de equilibrio entre el ayre del vaso, y el exterior, podrà facilmente convencerse con una experiencia harto graciosa, y digna de referirse.

Péguese (con betùn, ù de otro modo) un tubo de vidrio, que remate en punta, à una botella, de modo que venga à representar, como en modélo, lo que el vaso de cobre era en grande. Puesta esta botella boca abaxo en un vaso lleno de agua, se cubre con un recipiente en la Máchina Pneumatica. (*fig.* 18.) A proporcion que se dilata el ayre del recipiente, se dilata tambien el de la botella, y sale por el tubo, formando borbotones al travès del agua del vaso. Dexando despues entrar el ayre en el recipiente, obliga por su presion à subir por el tubo tanta cantidad de agua, quanto fuè el ayre, que havia salido.

No me detengo en explicar estos dos primeros efectos, porque se pueden entender por lo que queda dicho arriba. Pero si se endereza la botella, como en la *fig.* 19, y se dilata de nuevo el ayre del recipien-

te,

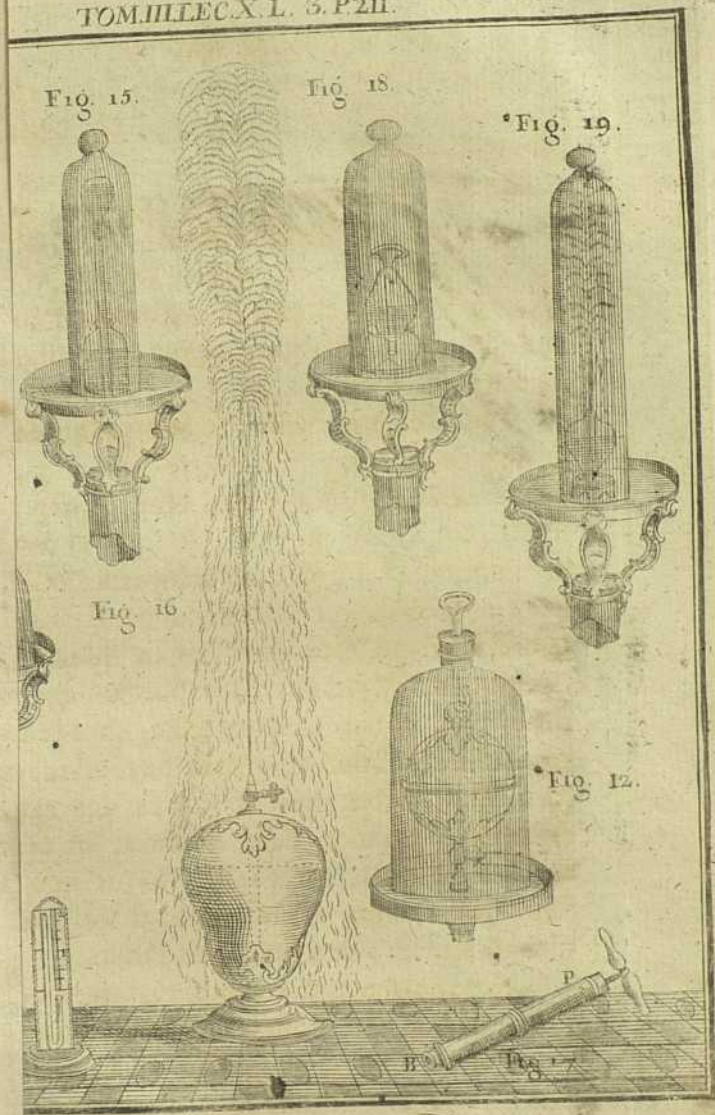


Fig. 15.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 16
Fig. 12.
P
B
Fig. 17

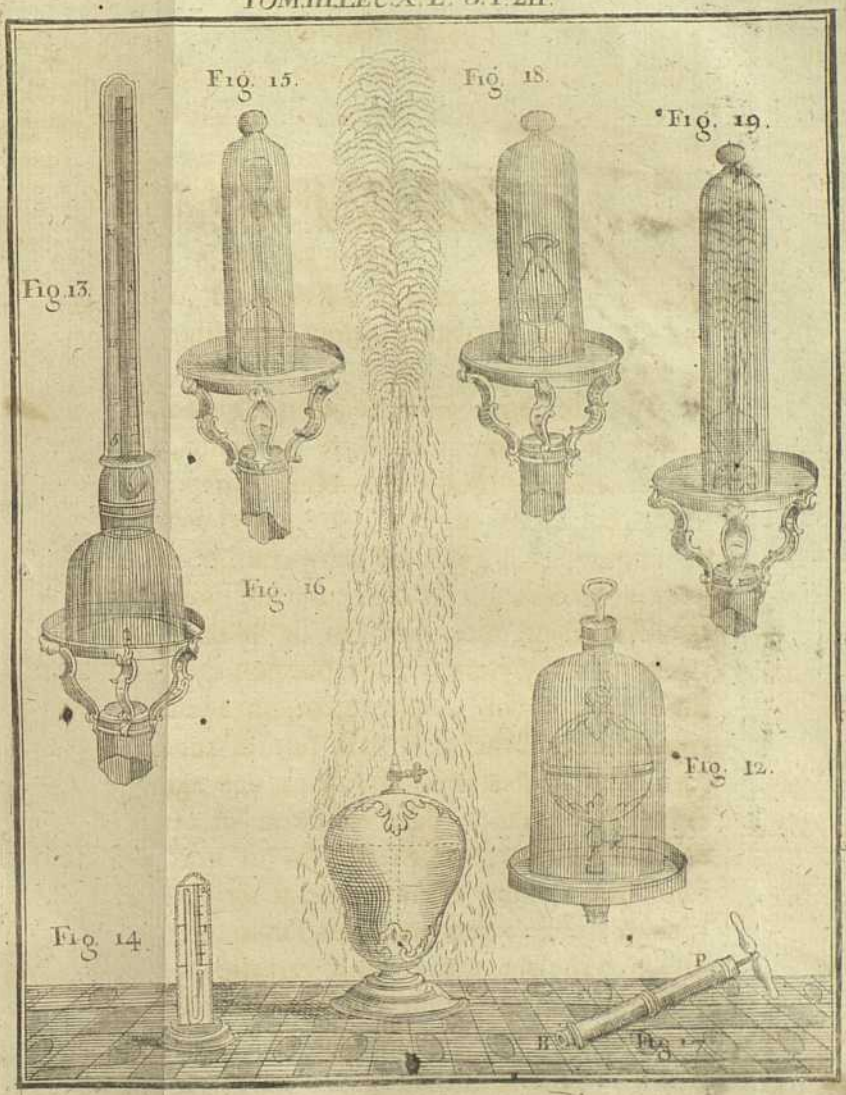


Fig. 15.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 13.
Fig. 16
Fig. 12.
Fig. 14
P
B
Fig. 17

te, el que eſtà por encima del agua ſe dilata tambien, y hace ſaltar un caño, que ſube tanto mas alto, quanto mas ſe haya interrumpido el equilibrio entre los dos ayres. El ayre comprimido artificialmente no es aqui el que vence la reſiſtencia del peſo de la Atmoſphèra, como en la Experiencia precedente; ſino el reſorte natural de eſte fluido, que queda en eſtado de obrar, debilitando al que le reſiſte en el orificio de la botella: ſiempre es un ayre mas fuerte contra un ayre mas endeble: en una palabra, es agua entre dos porciones de ayre, que no eſtàn en equilibrio.

SEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 20. repreſenta una eſpecie de eſcopeta, compueſta de dos cañones de metal, uno dentro de otro: entre ellos queda un eſpacio bien cerrado, donde ſe condenſa fuertemente el ayre por medio de una bomba pequeña, que hay en la culata. Tiene dos válvulas: à ſaber, una en la extremidad de la bomba, para impedir que el ayre no éntre quando ſe levanta el émbolo; y otra en la extremidad del cañon

inferior al lado de la culata, en donde se mete una bala de calibre. La ultima de estas válvulas se levanta por medio de un fiador, para dexar que el ayre passe al cañon pequeño, y luego se cierra muy prontamente, para que solo salga una cantidad muy corta. Como esta especie de armas no està en uso, he dispuesto una, de que me sirvo, de modo que no haya riesgo alguno al meter las balas, y que se puedan quitar tambien, sin estàr obligados à descargar el ayre: para este efecto hay un canal, ò receptáculo, que contiene 12 balas, y una especie de llave, que dà vueltas para ponerlas successivamente en la direccion del cañon pequeño, ò para sacarlas, si no se quiere tirar. Para conservar este instrumento con toda la forma exterior de un fusìl, se guarnece de una platina, dispuesta de modo, que al tirar del gatillo, dè vuelta la llave del tornillo, y se levante la válvula.

EFECTOS.

Luego que se tira del gatillo, sale la bala con tanta fuerza, que se puede clavar bellamente à 70 passos en un circulo de un piè de diámetro. Los ultimos tiros tienen siempre mucha menor fuerza, que los pri-

me-

meros; pero comunmente el octavo passa de parte à parte una tabla de encina de 6 lineas de gruesso, puesta à 20, ò 25 passos de distancia. Al salir el ayre, y la bala, hacen poco ruido, mayormente si el lugar en que se tira no està cerrado: solo se oye un soplo violento, que se percibe à 30, ò 40 passos.

EXPLICACIONES.

Supuesta la explicacion de la Experiencia precedente, sola la preparacion de ésta debe bastar para entender sus efectos: el ayre condensado entre los dos cañones, hace esfuerzo para salir: luego que se le dà passo por el cañon pequeño, si lleva todo lo que encuentra por delante: la bala, pues, recibe una velocidad casi igual à aquella con que dicho ayre comenzò à salir. Mas como la válvula no queda abierta, sino un instante, no sale en cada vez sino lo que se requiere para expeler una bala: sin embargo, los ultimos salen con menos fuerza, porque el resorte del ayre se disminuye, à medida que el que sale le dexa mas lugar para estenderse. El ruido es incomparablemente mas débil, que el de una arma de fuego; porque ni la bala, ni el ayre, que

la

la empuja, hieren jamàs al ayre exterior con tanta violencia, y prontitud como una carga de polvora encendida, cuya expulsion se hace siempre con una suma ligereza. El fusìl de viento se oye no obstante mas en un lugar cerrado, que en otro descubierto, porque entonces la massa de ayre herida està apoyada, y contenida entre las paredes, ò de otra suerte, y hace una mayor resistencia.

APLICACIONES.

Los fusiles, pistolas, y trabucos de viento, son unos instrumentos mas curiosos, que utiles: la dificultad de hacerlos, y de mantenerlos largo tiempo en buen estado, los hace necessariamente mas caros, y de un servicio menos cómodo, y seguro, que los fusiles ordinarios: la unica ventaja, que se podia encontrar, quiero decir, la de herir sin ser sentido, podria ser peligrosa en la sociedad; y es una precaucion prudente restringir, quanto sea possible, el uso de estos instrumentos. Los que gustan de ellos, hablan à menudo con assombro, dandoles mas honra de la que merecen, y atribuyendoles efectos, de que no son capaces. Se engañan, v. gr. quando dicen, que tienen tal vez tan-

ta

ta fuerza como un arma de fuego; y rara vez ſucede, que las válvulas retengan al ayre con baſtante conſtancia, para que puedan durar mucho tiempo cargadas.

Si las hiſtorias, que ſe han hecho de la *polvora ſorda, y blanca*, tienen alguna realidad, ſe deben ſin duda entender en el ſentido figurado del fusìl de viento, que es capàz de herir mortalmente, ſin hacer ruido conſiderable; porque como el ruido de un fusil no proviene del color de la polvora, ſino que es una reſulta neceſſaria de la exploſion ſúbita, de que es capàz; ſe debe creer, que toda materia, que ſe diláte con la miſma ligereza, ſea blanca, ſea negra, reſonarà del miſmo modo.

Quanto à las fuentes artificiales, en que el agua recibe ſu movimiento del reſorte del ayre, ſe pueden variar de cien maneras diferentes, unas mas curioſas, y agradables que otras; y lo ſon tanto mas, quanto mas ſe eleva el agua ſobre ſu nacimiento, y origen; al contrario de los caños ordinarios, que ſe hacen, como ſe ſabe, cayendo el agua de un eſtanque, ò de qualquier otro ſitio mas elevado. Me contentarè con un ſolo exemplo, para no detenerme infructuoſamente en coſas, que ſe hallan en todos los Libros de Phyſica.

La

La fuente que se representa en la *fig.* 21. tiene el nombre de Herò, à quien se atribuye su invencion: se compone regularmente de dos vasos, ò caxas de metal, que se juntan con dos tubos de la misma materia: la de la *figura* està hecha de vidrio, para que se perciba mejor el Mechanismo: la materia, y la forma exterior son muchas veces indiferentes, y se pueden variar segun el gusto. Para poner esta fuente en movimiento, se llena de agua hasta tres partes el globo A B, por el canal C D, que està abierto por una, y otra parte: despues se echa en el vaso G H, para tener siempre lleno el tubo I K, que està abierto por uno, y otro lado. Esta columna de agua, que tira à estenderse en el globo inferior E F, carga con todo su peso à la masa de ayre, de que està lleno: dicho ayre, comprimido de este modo, sale por el canal L M, y exercìta su resorte sobre la superficie del agua, que està en A B: en fin, dicha agua, oprimida por el resorte del ayre, sale en forma de caño por el canal C D, en cuya extremidad se pone un surtidero con muchos agujeros, si se quiere, para formar un ramo, ù alcachofa de agua.

Para llenar el tubo I K, basta echar un poco de agua en el vaso: el caño, que na-

nace luego, provee ſuficientemente para mantenerle lleno; y el chorro que ſale aſsi del globo A B, recae en el otro, que ſe vacia deſpues de la operacion por una eſpecie de llave, que tiene abaxo. Tambien ſirve el reſorte del ayre comprimido, para hacer continua la corriente de una bomba, que no tiene mas que un émbolo: ſupongamos, por exemplo, que la bomba atractiva, y compreſsiva *n o p*, (*fig.* 22.) eſtè metida en un vaſo cilindrico de metal, que forma al rededor de ella un eſpacio muy cerrado Q R S, que comunica con el tubo montante T V.

Quando el agua elevada por la aſpiracion por debaxo del émbolo, ſe vè forzada por la compreſsion à paſſar por la válvula, que eſtà en *o*, no ſolamente ſe eleva en el tubo, mas ſubirà tambien ácia Q R, al eſpacio, que hay al rededor de la bomba; y levantandoſe aſsi, comprimirà el reſorte del ayre, que eſtarà entre ella, y el fondo de eſta cavidad. Por eſto mientras que ſe ſube el émbolo, para hacer una nueva aſpiracion, la reaccion de eſta maſſa de ayre comprimida, ſuplirà la preſsion del émbolo, y harà continuar la corriente en V.

Por eſte medio ſe gana ciertamente algu-

na velocidad; porque el tubo T V, abasteciendo agua sin interrupcion, passa una mayor cantidad en un cierto tiempo; pero esta ventaja no se adquiere sino à expensas de la fuerza, que debe ser mayor de parte del motòr; pues se necessita, no solamente para el peso del agua, que pesa en T, mas tambien para comprimir el resorte del ayre, como se quiere. En lo demàs hay muchos casos, en que es importante tener pronta el agua sin interrupcion; y por esta razon se construyen assi aquellas bombas pequeñas portátiles, muy usadas en Inglaterra, en Holanda; y algunos años hà en Parìs: con las quales cada particular puede detener à lo menos los progressos de un incendio, que empieza mientras espera lleguen socorros mas poderosos.

Despues de la invencion de la Máchina Pneumatica, se han hecho muchas experiencias en el vacìo, ò en el ayre dilatado à diferentes grados: era natural pensar, que huviesse mucho que hacer tambien en el ayre condensado mas de lo que està comunmente, y muchos Physicos las han hecho: se valen para estas suertes de pruebas de un vaso capàz de una grande resistencia, y en èl se hace entrar el ayre à fuerza con una bomba pequeña, semejante à aquella, de

que

que nos hemos ſervido haſta aqui para la fuente de compreſsion; (*fig.* 17.) mas el ayre, que paſſa de eſte modo por una bomba, ſe carga de vapores craſſos, y humedos; y hay muchas ocaſiones, en que deſearìa eſtuvieſſe mas puro, para que lo que reſulta de la experiencia no pudieſſe atribuirſe ſino al grado de una compreſsion, que ſe le hace tomar, y à la denſidad de ſu propria materia. Eſta conſideracion me obligò à imaginar una nueva máchina, con que ſe podrà comprimir el ayre, ſin diſminuir el grado de pureza, que tiene en la Atmoſphèra, ò tambien aumentandolo: luego que le haya dado la ultima mano, ſi acaſo ſalieſſe util, darè parte al Público en las Memorias de la Academia de las Ciencias, deſpues de los inſtrumentos, que ſirven à las experiencias del ayre, cuya deſcripcion he comenzado.

Parece por las experiencias de Boyle, que el volumen de una maſa de ayre puede hacerſe por la compreſsion trece veces mas pequeño, que lo eſtaba en ſu eſtado natural en la ſuperficie de la tierra. Deſpues otros Philoſophos han llevado eſta prueba mas adelante por diferentes caminos: el que parece haver hecho mas ſobre eſte aſſunto es Mr. Hales, que

dice (a) haver reducido el ayre à la 1837ª parte de su volumen ordinario, (b) sobre lo qual Mr. Muschembroeck hace una reflexion, que parece muy juiciosa. „ El ayre „ (dice) por esta experiencia se hizo mas de „ dos veces tan pesado como el agua; y „ asi como el agua no puede comprimir- „ se, parecia segun esto, que las partes „ aereas debian ser de una naturaleza muy di- „ ferente de la del agua; porque de otra „ suerte, si el ayre fuesse de la misma natu- „ raleza, no huviera podido reducirse sino „ à un volumen 800 veces mas pequeño: „ huviera, pues, quedado entonces preci- „ samente tan denso como el agua; y huvie- „ ra tambien resistido à qualquiera especie „ de presion, con una fuerza igual à la que „ se nota en el agua.

Mr. Hales propone con esta ocasion una especie de instrumento para medir las alturas del mar; pero como la regla de Mr. Mariotte sobre la condensabilidad del ayre no es exacta, sino en los grados medios de com-

(a) *Stat. des veget. dans l'append. pag.* 390.

(b) El cálculo de Mr. Hales està algo obscuro. Su Traductor Mr. de Buffon dice, que se ha de corregir el producto, poniendo 1551 en lugar de 1837.

compresion, y no se sabe en què proporcion se comprime este fluido en los grados extremos, esta medida no puede tener lugar.

Mr. Amontons, lejos de poner en duda esta grande condensabilidad del ayre, la supone mucho mayor que la conocida por la experiencia, como un principio, por el qual se pueden explicar, segun èl, ciertos movimientos intestinos de nuestro globo; porque despues de haver probado, que el resorte del ayre, animado por el calor, es tanto mas fuerte, quanto es mas denso este fluido, no duda que los terremotos puedan nacer de estas masas de ayre subterraneo, que se dilatan; y pone à la vista, que la parte inferior de una columna de la Atmosphèra estendida 18 leguas ácia el centro de la tierra, tendria à esta profundidad una densidad igual à la del mercurio. (a)

Las experiencias precedentes, y las observaciones, que hemos añadido, nos enseñan el modo, con que el ayre muda de densidad, y la manera con que su resorte se aumenta, ò disminuye, por una presion mayor, ò menor. Resta saber al presente, què efectos producen el calor, y el frio.

No

(a) Memor. de l' Acad. des Scienc. 1703. pag. 201.

No es éste el lugar proprio para examinar la naturaleza del fuego, ni el modo con que obra sobre los cuerpos. Estas questiones se trataràn en la série de esta Obra con la extension correspondiente: dirèmos solamente con anticipacion, y para facilitar la inteligencia de los efectos, que hemos de explicar, lo primero, que el frio no es ni un ente real, ni una qualidad positiva, sino solamente el estado de un cuerpo, que està actualmente menos caliente que lo estuvo, ò que lo pudo estàr: de suerte que nada hay en la naturaleza, que sea absolutamente frio: el yelo, por exemplo, no està frio, sino en comparacion del agua, de quien se forma, ò de algun cuerpo mas caliente que èl: esta verdad se manifestarà mas en adelante, y quedarà establecida con todas las pruebas necessarias. Lo segundo, se puede considerar el calor, como el efecto de una materia sumamente sutìl, cuya abundancia, ò accion tiene separadas unas de otras las partes proprias del cuerpo, que penetra, y les comunica una parte de su movimiento.

Representandose el calor baxo esta idèa, se concebiràn facilmente dos efectos muy notables, que produce en una masa de ayre, y que darèmos à conocer por algunas

Ex-

Experiencias. El primero es, que dicho calor le aumenta el volumen: es decir, que una mifma cantidad de ayre es capàz de ocupar mas, ò menos efpacio, quando eftà mas, ò menos caliente: el fegundo efecto del calor fobre el ayre es aumentar fu reforte, à proporcion de la prefsion, que le oprime, de modo que un mifmo grado de calor, aplicado à un mifmo ayre dos, ò tres veces mas condenfado, le dà un reforte doble, ò triple, como fe verà por la expoficion de los hechos, que vámos à referir.

OCTAVA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EScojafe entre muchos tubos de vidrio (como aquellos de que fe hacen los barometros) uno que tenga cerca de un piè, ò 15 pulgadas de largo, y que por todas partes tenga un mifmo diámetro, lo qual fe conocerà facilmente, haciendo pafar de una punta à otra una corta cantidad de mercurio; porque fi éfta es fiempre de una mifma longitud en qualquier fitio del tubo en que fe ponga, feñal es, que la capacidad es igual en todas las partes feme-

mejantes. Luego se cerrarà hermeticamente una de estas extremidades, y se pondrà sobre algunos carbones encendidos, para calentarle hasta hacerlo ascua: despues se toma con unas tenazas para meter prontamente la punta, que està abierta, en mercurio hirbiendo, y se dexa todo enfriar. Vease la *fig.* 23.

Para dàr un grado de frialdad conocido, se mete por algunos minutos la punta cerrada en yelo machacado, teniendo cuidado, que en este tiempo estè el tubo en una situacion casi horizontal, para que el ayre que queda, no se comprima casi nada, por el peso del mercurio, que le tiene encerrado.

EFECTOS.

El tubo hecho ascua al fuego, y metido en el mercurio, se llena en parte; y haviendo estado yà algun tiempo en el yelo, la porcion de ayre, que se contiene entre la punta cerrada, y el mercurio, ocupa el tercio de la longitud del tubo, con corta diferencia.

EX-

EXPLICACIONES.

El tubo de vidrio, antes de calentarſe eſtaba lleno de una columna de ayre ſemejante al de la Atmoſphèra: las partes de aquella materia, que compone el calor, (ſea la que fuere) haviendo penetrado el vidrio, y eſtando mezcladas con el ayre, ſeparan las partes proprias de eſte fluido, y por eſta razon ſe aumenta conſiderablemente ſu volumen; mas como la capacidad del tubo no ſe ha enſanchado à proporcion, una gran parte del ayre ſale, y el tubo queda lleno de un poco de ayre muy rarificado, y de una grande cantidad de la materia del fuego.

Luego que eſte tubo entrò en el mercurio, comenzò à enfriarſe: es decir, que aquella materia extraña, que havia penetrado el vidrio, para mezclarſe con el ayre, empieza à evaporarſe, y à perder poco à poco la mayor parte de ſu movimiento; eſto dà lugar à que las partes del ayre vuelvan à acercarſe; y tanto mas, quanto el peſo de la Atmoſphéra, eſtrivando ſobre la ſuperficie del mercurio, la preciſó à entrar mas en el tubo, y à ſubir en èl haſta que aquella porcion de ayre, que alli permanecìa, adquiriò por una diminucion competente de

ſu volumen, la denſidad ſuficiente para reſiſtirle.

Por eſta Experiencia ſe vè, que una cierta cantidad de ayre, que tiene el miſmo temperamento del yelo, y eſtà ſujeta al peſo de la Atmoſphèra, tiene un volumen tres veces menor, que no tuviera con la miſma preſsion, pero con un calor capàz de hacer aſcua al vidrio; ò (lo que viene à ſer lo miſmo) que el volumen del ayre dilatado por eſte grado de calor, es al que eſtà en el frio del yelo, como 3 à 1.

Con experiencias ſemejantes ſe ha averiguado, que el volumen del ayre, quando empieza à elarſe, es reſpecto del que eſtà en el calor del agua hirviendo, como 2 à 3, y que ſe dilata cerca de una ſeptima parte, contando deſde el principio del yelo, haſta los calores comunes del Verano, que eſtàn con corta diferencia à los 25 grados en el thermometro de Mr. de Reaumur.

Pero en eſta eſpecie de experiencias, y principalmente quando ſe calienta conſiderablemente el ayre, ſe encuentran muchas veces unas diferencias notables, ſiguiendo el eſtado actual del ayre ſobre que ſe trabaxa, ù de los vaſos, que ſirven para ellas: porque à la verdad, ſi la humedad ſe junta con el ayre, que ſe calienta, ocaſiona una di-

dilatacion, que algunas veces es 10, ò 12. veces mayor, que lo serìa con igual grado de calor, si se empleára un ayre mas seco.

Por una parte, estando el ayre mas denso, ò mas compresso en un tiempo que en otro, los efectos varìan tambien segun la altura actual del barometro, à quien se debe atender en semejantes casos.

APLICACION.

Dilatandose el ayre con un calor violento, saltan con estruendo aquellas bolitas de vidrio delgado, que se soplan en la lampara de un esmaltador, y se cierran hermeticamente: el efecto es mas seguro, y mayor, quando se encierra en ellas una gotica de agua; no solo porque la humedad produce una mayor dilatacion, sino tambien, porque la frescura del líquido impide, que el vidrio no se ablande al grande fuego, y que no se entregue, sin romperse, à la extension del fluido contenido en èl. Quando se aplican estos petardos à una vela con el fin de sorprender, y asustar à alguno, se debe temer, que los pedazos del vidrio no salten à los ojos, y hagan daño à los que estàn desprevenidos en el caso. Las castañas, que saltan de la ceniza caliente, no son tan

nocivas; mas esto no obstante es un efecto que proviene de la misma causa: porque el ayre encerrado debaxo de la cascara, ò corteza, se dilata, y la hace saltar, quando no se ha tenido la advertencia de romperla de antemano; y quanto mas resiste, tanto mas ruido hace al saltar.

En la primera Leccion (*) se hablò de una cazoleta de vidrio con algun licor oloroso: pero no se dixo entonces el modo de llenar dicha vasija, cuyo cuello, y boca son tan sumamente estrechos, que es casi enteramente impracticable el uso del émbolo para dicho efecto. Mas esta operacion es muy facil, si se calienta la vasija, y se mete despues la boca en el licor, que se quiere introducir en ella: porque luego que el ayre se dilata por el calor, sale una gran parte, y lo restante se và condensando al passo que và perdiendo el calor, y dexa un vacìo, que se llena del licor oprimido del peso de la Atmosphèra, como sucediò en el tubo, que sirviò en la Experiencia precedente.

De este mismo modo se llenan tambien los vidrios de los thermometros, cuyos tubos son por lo comun tan delgados, que jamàs fuera possible llenarlos de otro modo,

(*) *Secc. I. Experienc. III.*

do, ſino perdiendo mucho tiempo. Y aun la dilatacion del ayre miſmo no ſerìa tal vez mas que un medio imperfecto, quando ſe quiere llenar enteramente un tubo; porque el calor, por muy grande que ſea, no puede hacer ſalir mas que las dos terceras partes de ayre; pero ſe añade alli otro medio, de que hablarèmos en adelante, el qual exige una evacuacion de ayre mucho mas completa. Por lo que mira à los thermometros, el de Sanctorio, repreſentado en la *fig.* 24. produce tambien ſus efectos, en conſequencia de la dilatabilidad del ayre. Quando ſe aplica la mano à la bola de arriba, el ayre que eſtà alli, y que llena una parte del tubo haſta N, ſe calienta, ſe dilata, y hace baxar al receptaculo de abaxo un licor colorado, cuyo deſcenſo es muy ſenſible, y puede medirſe por las graduaciones, que eſtàn ſeñaladas en la tabla. Si el ayre, que ſe ha calentado, ſe llega à enfriar, ſe condenſa deſpues, y el miſmo licor oprimido por una columna de la Atmoſphèra, que correſponde à M, ſube ácia la bola: lo que ſe podrà obſervar por los grados de la eſcala, que anda de abaxo arriba. Volverè à ſeguir la hiſtoria de eſte inſtrumento, quando hable de los que ſirven para medir los grados de calor, y de frio.

Aſ-

Asi como se hace saltar el agua por la compresion del ayre, puede tambien servir su dilatacion para formar tambien algunas fuentes, que diviertan mucho à los curiosos. Estos principios de movimiento pueden tener muchissimas aplicaciones; pero el resumen, que pudiera hacerse de todas ellas, no tiene lugar en esta Obra; me ceñirè solamente à dos exemplos, por los quales se podrà formar juicio de los demàs. A B, (*fig.* 25.) es un vaso de vidrio abierto por arriba, y por abaxo, cuyo pie està afirmado sobre un caxon C D, en forma de pedestal: en A està un tubo pequeño E F, que por una parte remata en punta en figura de un surtidero, y por la otra toca casi al fondo del vaso. El otro tubo, que acaba en G, y que està tambien abierto, éntra en la boca B, en donde està pegado con betùn, y por en medio del pedestal, para juntarse à una especie de balòn de cobre delgado, à quien està soldado, y unido. La caxa C D, està por dentro guarnecida de plomo; y la tapa se sujeta con dos aldavillas.

La bola de cobre solo està llena de ayre; el vaso A B està lleno de agua, como hasta las tres quartas partes de su capacidad; se echa agua caliente en la caxa C D, por un agujero, que tiene en la tapa.

Lue-

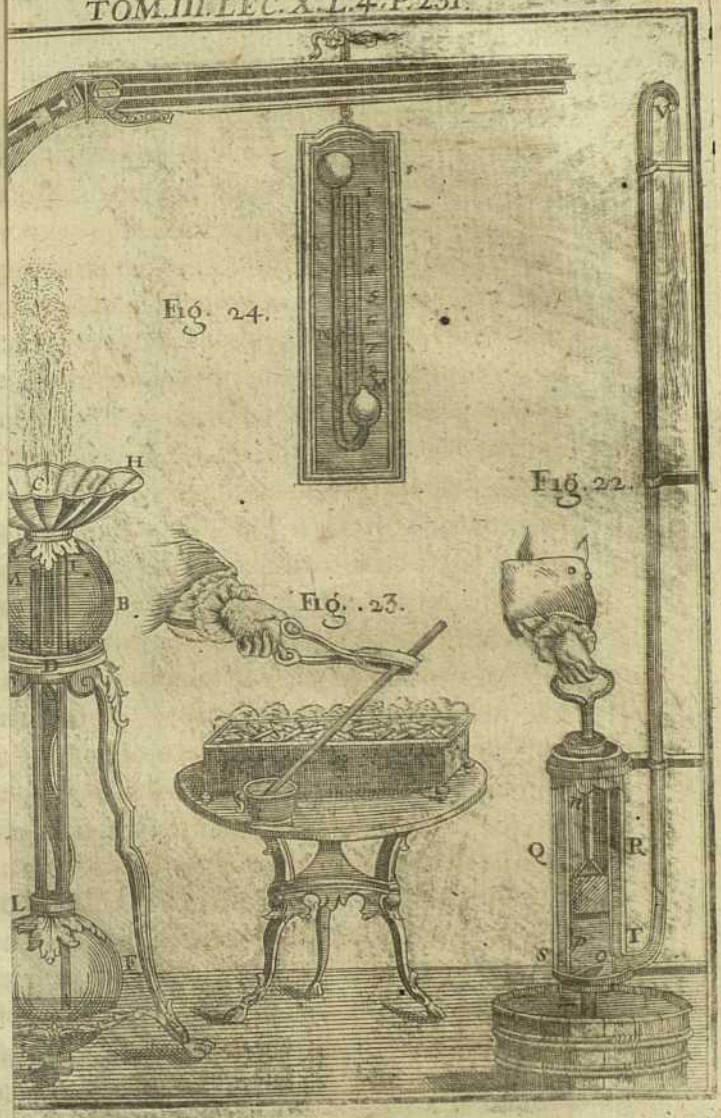


Fig. 24.
Fig. 22.
Fig. 23.
C
H
A
I
B
D
L
E
F
Q
R
T
S
P
O

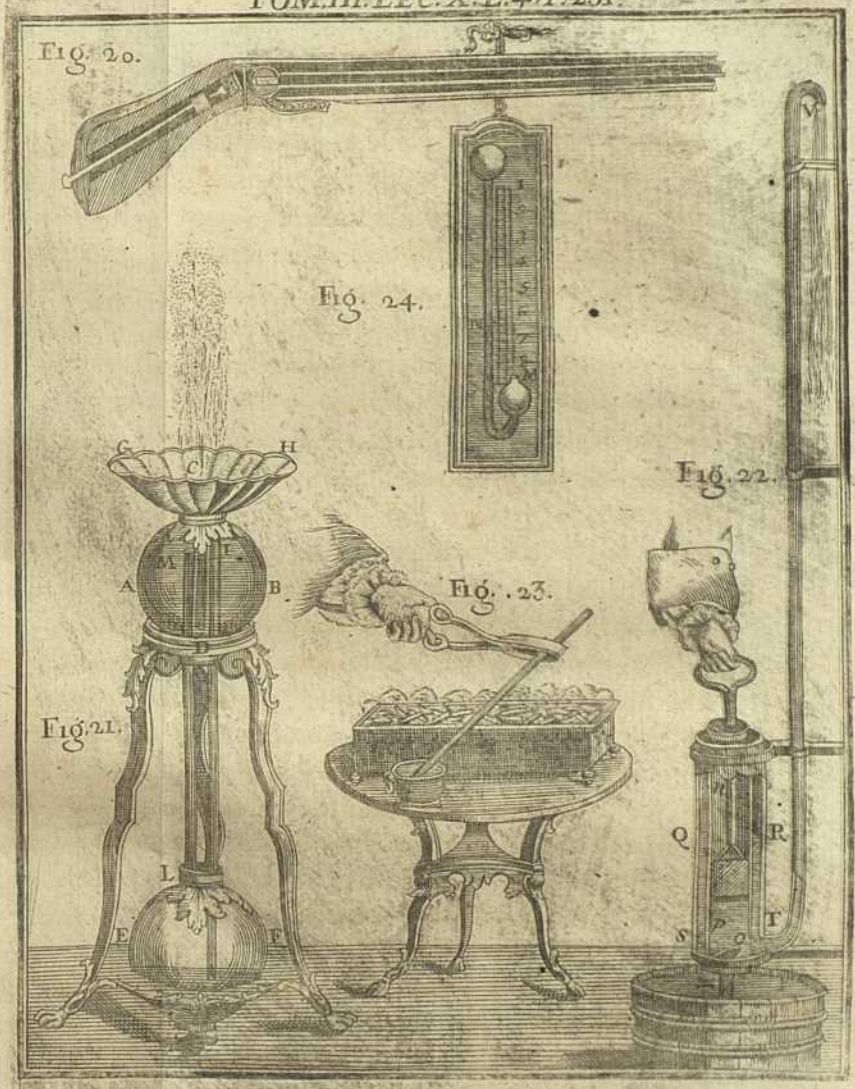


Fig. 20.
Fig. 24.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 21.
G
H
C
M
I
A
B
D
L
E
F
V
Q
R
S
T

Luego que el ayre de la bola ſe ha calentado por medio del agua hirviendo en que eſtà metido, ſe dilata por el canal G; y oprimiendo con ſu reſorte la ſuperficie del agua, que eſtà en el vaſo A B, la hace ſalir à modo de un caño por el canal E. Es neceſſario, que la bola de cobre ſea dos veces mayor, que el vaſo A B; porque, como yà queda notado, el ayre ſolo ſe dilata por el calor del agua hirviendo una tercera parte, y el agua no puede hervir en la caxa, en que eſtà la bola.

Se podrà tambien hacer un caño pequeño, ſemejante al que ſe repreſenta en la *fig.* 19. ſi en lugar de poner la vaſija en el vacìo, ſe pone en un baño de agua hirviendo; mas entonces ſerà muy del caſo, que la vaſija ſea de metal, porque el calor, recipiente, ò la exceſsiva dilatacion del ayre no la hagan rebentar.

Si ſe quiſieſſe hacer un caño, ò un chorro de fuego, podrà ſervir el eſpiritu de vino, ò el agua-ardiente fuerte, con la precaucion de tapar por algun tiempo con el dedo, ò con qualquiera otra coſa la boca del vaſo, para que el licor pueda calentarſe un poco: y con una buxìa ſe encenderà deſpues el chorro al tiempo de ſalir. Veaſe la *fig.* 26.

Se

Se acaba de vèr el modo con que el calor aumenta el volumen del ayre, quando logra la libertad de extenderse; y por lo que se sigue se verà, que la misma causa aumenta su resorte, quando su volumen està comprimido entre algunos obstáculos.

NONA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A B C, (*fig.* 27.) es un tubo de vidrio, que tiene poco mas de quatro pies de largo, cerca de una linea de diámetro interior, encorvado por abaxo, terminado en una bola hueca, y delgada, que tiene de quatro à cinco pulgadas de gruesso. Se le echa mercurio solo para llenar la curbatura D B C, de suerte que estando el instrumento derecho, se ponga el licor en equilibrio en los dos brazos. Bien se vè, que para este efecto, el ayre de la bola no debe estàr mas denso, que el de la Atmosphèra, quando se hace la experiencia. Despues se echa mas mercurio en la parte A D, del tubo, hasta que haya una columna de 28. pulgadas, contando desde el nivèl: esto es, desde la linea D C; y la parte inferior se mete en un baño de agua hirviendo, de suer-

te

te que la bola quede enteramente cubierta.

EFECTOS.

Puesto de esta suerte el instrumento, se eleva el mercurio, como à 18. pulgadas, y algunas lineas en el brazo mas largo, lo que forma una columna de cerca de 46 pulgadas, contadas desde el nivèl del mercurio del lado mas corto.

EXPLICACIONES.

Quando solo hay mercurio en la curvatura del cañòn, y no està mas elevado de una parte, que de otra; el ayre de la bola està por su resorte en equilibrio con el peso de la Atmosphèra, que se supone equivalente à 28 pulgadas de mercurio, durante el tiempo de la experiencia. Las 28 pulgadas de mercurio, que se añaden despues en el lado mas largo, doblan esta presion, y consiguientemente la densidad de ayre, que està en la bola; si este ayre comprimido de esta suerte, y puesto en el agua hirviendo, se hace capàz de recibir aùn 18 pulgadas, y ocho lineas de mercurio, es una prueba de que este grado de calor aumenta su resorte una tercera parte; porque 18 pulgadas, y ocho lineas son justamente la tercera parte de 56, que es la suma de la

doble presion, de que està el ayre cargado antes de la immersion.

Como las 18 pulgadas, y ocho lineas de mercurio se elevan en el lado mas largo, à expensas del que està en el mas corto, el volumen del ayre recalentado se aumenta siempre un poco por dos razones. La primera, porque el mercurio, que passa al otro lado, le dexa algun lugar para extenderse; La segunda, porque el vidrio se dilata con el calor, y la capacidad de la bola necessariamente se hace algo mayor, como lo mostrarèmos en otra parte. De aqui resulta, que disminuyendose un poco la densidad del ayre, la fuerza de su resorte aumentada por el calor no es tan grande, como lo serìa, si el volumen permaneciesse siempre en sus límites, y por esto el aumento de la columna de mercurio sobre las 28 pulgadas, nunca llega à las 18 pulgadas, y ocho lineas; pero le falta una corta cantidad, quando se usa de un tubo muy delgado, respecto de la capacidad de la bola.

Es, pues, un hecho innegable, que la fuerza del resorte del ayre se aumenta una tercera parte con el calor de agua hirviendo; pero quál sea la razon de este efecto, y cómo sucede, que las partes del ayre recalentado adquieran mas frigidèz, esto es lo que

la

la experiencia no enseña. Puede decirse no obstante, hablando por conjeturas muy plausibles, que (*) la accion del calor consiste, como yà hemos dicho, en una infinidad de partículas diminutas, muy agitadas, que penetran los cuerpos. „ Quando estas entran „ en una masa de ayre, abren, y desunen las „ hojas espirales, no solo porque son nue- „ vos cuerpos, que se introducen en sus in- „ tersticios, pero principalmente, porque „ se mueven con mucha violencia; de aqui „ viene el aumento de este volumen de ay- „ re. Si està encerrado de suerte, que no „ puede extenderse, las partículas de fuego, „ que procuran abrir las espirales, y no las „ abren, aumentan por consiguiente la fuer- „ za de su resorte, que cessarìa, si se abriesen libremente. Quando el ayre està con- „ densado, hay mas partículas de ayre en „ un mismo espacio, y quando las partícu- „ las de fuego llegan à entrar, exercitan su „ accion en un numero mayor de partícu- „ las de ayre: es decir, que causan, ò una „ mayor dilatacion, ò un mayor aumento „ en el resorte. Quando el ayre està cargado „ de mayor peso, està mas condensado; y por „ consiguiente, si entonces no puede exten-

 „der-

(*) Hist. de la Acad. de las Cienc. 1702. pag. 3.

„ derse, como lo vámos suponiendo, un
„ mismo grado de calor aumenta mas su re-
„ sorte.

APLICACIONES.

Procediendo, como en la Experiencia precedente, se observa que el aumento causado en el resorte del ayre por el calor del agua hirviendo, es igual à la tercera parte del peso, de que està entonces cargado, si la experiencia se hace en la Primavera, ò en el Otoño; esto es, en un tiempo medio entre el calor, y el gran frio. Asi el ayre que respiramos, cargado siempre de un peso igual à 28 pulgadas de mercurio, poco mas, ò menos, recalentandose en el agua hirviendo, aumentarìa la fuerza de su resorte nueve pulgadas, y quatro lineas. Un ayre condensado al doble la aumentarìa 18 pulgadas, y ocho lineas, que es la tercera parte de 56. Recíprocamente un ayre siempre en el mismo estado de condensacion aumentarà con diversidad su resorte, segun los diferentes grados de calor.

Mr. Amontons, à quien se debe este descubrimiento, ha hecho por sì mismo una aplicacion útil, formando sobre este principio un thermometro de ayre, (*) que me pa-

(*) Mem. de la Acad. de Par. 1702. p. 161.

re-

rece ha ſido el primero, (*a*) en que los grados de calor ſe han referido à un cierto termino conocido. Porque antes nada ſe ſabìa con eſta eſpecie de inſtrumentos, ſino que en un tiempo, ò lugar hacìa mas calor, ò frio, que en otro, en donde ſe havia hecho la obſervacion. Los thermometros comparables tuvieron origen en ſus manos. Y ſi no les diò el grado de perfeccion, en que hoy ſe hallan, le ſomos à lo menos deudores, por havernos pueſto en eſtado de hacerlo noſotros.

Una eſtufa encendida en un pieza, no dexa de enrarecer el ayre; porque éſte no eſtà de tal modo encerrado, que no tenga alguna comunicacion con el de afuera por las rehendijas, que ſiempre ſe hallan en las puertas, y en las ventanas, que le dexan libertad para extenderſe; pero el ayre, aunque enrarecido de eſta ſuerte, y menos denſo que la Atmoſphéra, ſe mantiene no obſtante en equilibrio con ella; porque recalentandoſe, adquiere un grado de reſorte, que le pone en eſtado de ſoſtener la preſsion: la miſma cau-

(*a*) En las Tranſ. Philoſ. n. 197. año 1693. ſe halla una Diſſertacion de Mr. Halley, cuyo objeto es un thermometro comparable en qualquier lugar, y ſin modélo.

causa, que disminuye su densidad, aumenta otro tanto su resorte, y lo uno suple à lo otro.

No sucede lo mismo quando se enciende una chimenèa; el ayre se enrarece, sin que se aumente su resorte; porque puede extenderse facilmente; al punto cessa el equilibrio entre las dos columnas de la Atmosphéra, que corresponden à las dos extremidades del cañòn; teniendo toda su densidad la que pesa por abaxo, vence à la otra, que en parte està enrarecida, y corre el ayre de abaxo arriba. Esto à lo menos sucede de ordinario; puede ser que tengamos ocasion de examinar en otra parte las causas, que pueden impedir este efecto, y determinar al ayre à que baxe por la chimenèa.

De quantos usos tiene el ayre, ninguno es mas frequente, mas notable, ni mas necessario, que el de la respiracion. Cerca de cinquenta veces en cada minuto se levanta, y baxa el pecho, y por este movimiento alternativo, muy semejante al de unos fuelles, quando soplan, se comprime, y se dilata: quando se dilata, recibe el ayre de afuera, que comprimido por el peso de la Atmosphèra, éntra en los canales del pulmòn; quando se baxa despues el pecho, el ayre que yà no puede perseverar alli, sale afue-

afuera, y lleva consigo los vapores, de que se ha cargado: la primera de estas dos acciones se llama *inspiracion*, la ultima se dice *expiracion*; y una, y otra son tan necessarias para la conservacion de la vida, que no hay animal alguno, que no perezca infaliblemente, quando se impiden estos dos movimientos, ò se vè privado de un ayre capàz de mantenerlos, como se verà en las Experiencias siguientes.

DECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

CUbrese con un recipiente grande un pichòn, ù otro pájaro, que se pone sobre la platina de una máchina Pneumatica, y se dàn muchas vueltas al émbolo, para dilatar el ayre poco à poco, (*fig.* 28.)

EFECTOS.

Quando se disminuye la densidad del ayre hasta cerca de la mitad en el recipiente, padece convulsiones el pájaro: y muchas veces excrementa por el pico, ò por la via ordinaria: si se continúa en dilatar mas el ayre, ò se dexa algunos minutos en este esta-

tado, perece sin remedio: pero si prontamente se introduce el ayre, en poco tiempo se restablece. Este restablecimiento, à la verdad, no es por lo comun de mucha dura: casi no he visto pájaro alguno, ni otro animal, que haya sobrevivido mucho à esta prueba.

UNDECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN un vaso grande de vidrio casi lleno de agua se pone un pez pequeño vivo, y se cubre todo con un gran recipiente en la máchina Pneumatica, (*fig.* 29.)

EFECTOS.

A proporcion que se hace el vacìo en el recipiente, se vèn salir bolitas de ayre por debaxo de las escamas del pez, por sus oìdos, y por su boca; el animal se matiene en la superficie del agua, sin poder baxar al fondo; muere al fin, pero esto sucede despues de muchas horas de prueba: y quando se vuelve à introducir el ayre en el recipiente, sea antes, ò sea despues de su muerte, cae al fondo del vaso, y jamàs puede

de volver à ſubir à la ſuperficie del agua.

EXPLICACIONES.

La vida animal, como ſe ſabe, conſiſte principalmente en el movimiento del corazon, y en la circulacion de la ſangre; pues ſi ſe cree à los mas habiles Anatomicos, y ſe juzga por ſus obſervaciones, y por ſus experiencias, la reſpiracion conſerva lo uno, y lo otro: ſea porque el ayre, que ſe introduce por el peſo de la Atmoſphèra en los pulmones, ſirve de antagoniſta à los muſculos, que emplèa la naturaleza para la inſpiracion, y que comprimiendo los vaſos por donde ſe ha introducido la ſangre por la contraccion del corazon, la obliga à volver à eſta parte, para paſſar deſpues à las demàs del cuerpo; ò ſea porque el ayre dividido, y filtrado, digamoslo aſsi, ſe mezcla con la ſangre, y circùla con ella animandola con ſu reſorte: (a) el animal, que no puede reſpirar, no puede vivir.

El pájaro, que ſe ha pueſto en un ayre muy rarificado, no reſpira, porque eſte ayre no participa yà del peſo de la Atmoſ-

(a) Mr. Mery, Memor. de la Academ. de las Cienc. 1700. pag. 211.

phèra, de que està separado, y su resorte, y densidad està muy disminuìda; por esto se dilata en vano el pecho, pues el fluido, que suele introducirse, no tiene yà fuerza, y asi el movimiento alternativo, que se llama respiracion, no puede yà tener lugar, pues de las dos potencias, que lo producen, se suprime, ò se debilita la una, que es el peso, ò el resorte del ayre.

Otra causa, que suele matar al animal en el vacìo, es, que el ayre, que tiene en los diferentes vasos, y en los mismos fluidos de su cuerpo, se rarifica demasiado quando no le contiene la presion del ayre exterior; porque adquiriendo todas estas porciones de ayre dilatado un volumen mucho mayor que el que tienen en su estado natural, comprimen, y rompen frequentemente las partes en que se hallan contenidas, ò hacen alguna obstruccion en los vasos, y detienen el curso de los humores. Por esta razon sin duda padecen los animales por lo comun nauseas, ò excrementan quando se les pone en esta especie de pruebas, porque dilatandose el ayre de los intestinos, ò del estomago, arroja antes los alimentos, no digeridos, ò los excrementos que le impiden el passo.

No puede dudarse, que hay ayre en el cuer-

cuerpo de los animales, aun de aquellos à quienes destinò la Naturaleza para vivir en el agua, pues se vè salir del pescado, quando se hace el vacuo en el recipiente. Es muy verisimil, que los aquaticos, y los amphibios respiran de diferente modo que los demàs animales, que viven continuamente en el ayre; pues la privacion de este elemento, no les quita tan presto la vida; pero se debe creer, que lo que acelera mas su muerte en el vacìo, es el ayre interior que se dilata, y que todo lo desordena. Aquella doble vexiguita, que se halla en las carpas, y en la mayor parte de los demàs peces, se estiende en semejante caso, è hincha el cuerpo del animal; y por esto mientras està en el vacìo náda por encima à pesar suyo, por estàr entonces mas ligero, que el volumen de agua que le corresponde. Pero queda mas pequeño, è involuntariamente se precipita, quando se introduce el ayre en el recipiente; porque dilatandose la vexiga, queda vacìa en parte, y el resto del ayre que contiene, llegando à tomar una densidad igual à la de la Atmosphèra, no queda capàz de llenarla, como es facil asseguarse abriendo el cuerpo del pez.

APLICACIONES.

Por la explicacion, que acabo de dàr de las dos Experiencias precedentes, se vè, que los animales puestos en el vacìo, perecen en èl por dos razones principales: la primera, por la falta de respiracion: la segunda, por la dilatacion del ayre, que se halla encerrado en sus cuerpos. Como los generos, y las especies difieren, no solamente por la figura, y por las costumbres, mas tambien por la conformacion, numero, y tamaño de sus partes internas, es verisimil, que no todo lo que respira, respíre de un mismo modo; esto es, que en ciertos animales la respiracion debe ser abundante, y frequente; y que por el contrario en otros puede ser mas lenta, y hacerse con un ayre mas sutìl, à lo menos por cierto tiempo. Esta es sin duda la causa, por que de tantos animales, de especies diferentes, probados en el vacìo por Boyle, por la Academia de Florencia, Derham, Muschembroeck, y otros muchos Physicos, los unos mueren en el espacio de 30, ò 40 segundos, como casi todos los pájaros, los perros, los gatos, los conejos, los ratones, &c. quando otros sufren un vacìo de muchas horas,

co-

como los peces, la mayor parte de los reptiles, y señaladamente la rana, que algunas veces resiste à esta prueba un dia entero, sin morir. Porque como estos ultimos animales viven cómodamente en el agua, no se puede decir, que tienen necessidad de respirar en la forma que los otros animales terrestres; y quizà sostendrian el vacìo por mas tiempo del que resisten, si no tuviessen que sufrir mas que la sola privacion del ayre, y si el que tienen dentro de su cuerpo no desordenasse la economìa de las partes con su gran dilatacion. Lo que me persuade à esto es, que se vèn hincharse considerablemente, y que despues de muertos se les hallan siempre los pulmones lacios, y mas pesados que el agua.

Otra razon, que se podria alegar en favor de esta opinion, es, que casi todos los insectos, y aun aquellos, que viven en ayre libre, como las mariposas, las moscas, y los escarabajos, sufren sin morir una privacion de ayre, que dura muchas veces algunos dias. Sin duda porque no teniendo en el cuerpo sino muy pequeñas porciones de ayre, que se dilatan poco, el vacìo no les puede ser mortal, sino solo por la falta de respiracion, y estos animalejos veri-

ſimilmente pueden paſſar largo tiempo ſin reſpirar, à lo menos el ayre craſſo.

Convenimos, no obſtante, en que el eſtado natural de todos eſtos animales, es recibir libremente el ayre, y que privarlos de èl, es violentarlos. Se vèn los peces ſubir por sì miſmos à la ſuperficie de los eſtanques, para recibirle de nuevo, y arrojar el que anteriormente havian tomado. Convienen los Naturaliſtas en que ſaben filtrar, y recoger el que eſtà diſſeminado en las aguas; y quando ſe mueren entre el yelo, hay razon para creer, que es porque les ha faltado el ayre; pues ſe evita eſte accidente, quando ſe tiene cuidado de romper el yelo. En fin, el pez vive mas largo tiempo en el ayre ſin agua, de lo que puede vivir en medio de las aguas, ſi le falta el ayre.

Segun eſte ultimo hecho, que es inconteſtable, pondrè aqui otro, que he viſto en buenos Autores, y que yo miſmo aprendì en Holanda, y en Inglaterra de muchas perſonas, de quienes no puedo ſoſpechar hayan querido engañarme. Se cuelgan, dicen, unas carpas de unos hilitos ſobre un poco de ova humeda, y en un lugar freſco, y por dos, ò tres ſemanas ſe mantienen con migas de pan mojadas en leche. Si no hay que rebaxar nada en eſta

re-

relacion, (a) es evidente, que el ayre es mas necessario, que el agua à los mismos peces, y que podemos aprovecharnos de este principio.

Algunos Autores han observado, que los perros, los gatos, los conejos, &c. recien nacidos no mueren tan presto en el vacìo, como los adultos de las mismas especies; esto es, porque la respiracion fuerte es mas necessaria à estos ultimos, que à los primeros. Para conocer la diferencia, es preciso saber, que antes de nacer, solo hay una circulacion para la madre, y el feto. En aquellos, que aun no respiran, và la sangre desde la oreja derecha à la izquierda del corazon por una comunicacion, que los Anatomistas llaman *agujero oval*, y sin vérse precisada à passar por el pulmòn, donde el ayre exterior no tiene entrada; pero despues de nacer se cierra este passo poco à poco, y se hace necessaria la respiracion pa-

(a) He intentado dos veces esta experiencia sin efecto; pero no he podido concluir nada de cierto, porque las carpas, de que me servì, havian quedado fatigadas con un largo viage, ò muy maltratadas, despues que las havian sacado del agua. Jamàs he conseguido hacerlas comer algo, y han muerto en menos de 24 horas.

para dilatar los vasos del pulmòn, y para hacer circular la sangre en el nuevo animal separado de su madre, del mismo modo que la respiracion de ésta la hacia circular en ambos. De esta suerte se conoce, si una criatura ha muerto antes de nacer, ò si respirò antes de morir, poniendo su pulmòn dentro del agua; pues si se sube arriba, es señal que tiene ayre, y de que el niño ha respirado, lo que no pudo hacer, sino despues de nacer. Esta es una prueba que hacia la Justicia, quando se trataba de juzgar una madre, que havia sido acusada de haver muerto à su hijo, y que se defendia de este delito, afirmando que havia nacido muerto. Pero despues se ha observado, que el pulmòn de un feto puede siempre nadar, y el de un niño recien-nacido puede irse à fondo: lo que hace insuficiente esta experiencia para establecer un juicio de tanta importancia.

Muchos Anatomistas (a) pretenden haver hallado el agujero oval abierto aun en los adultos. Esta observacion, à que casi (b) ninguno se opone, puede explicar cier-

(a) *Hist. de l'Academie des Scienc.* 1700. *pag.* 40.
(b) Chefelden, célebre Anatomico de Londres, pretende, que todos aquellos, que creen haver vis-

ciertos ſuceſſos, cuya narracion commueve los animos mas crédulos. Tal es la Hiſtoria del Jardinero (a) de Troningholm en Suecia, de quien ſe dice haver eſtado perdido 16 horas dentro del agua debaxo del yelo ſin haverſe ahogado: tal es la de un cierto Lorenzo Jonàs, que permaneciò aſsi ſiete ſemanas ſin morir, ſegun ſe dice: una, y otra la refiere Pecklin (b) con teſtimonios, que parecen autenticos. Yo conozco por mì miſmo, que coſtarà baſtante dificultad dàrles credito; mas no obſtante, ſi es cierto que ſe puede vivir mientras que la ſangre puede circular, y que la circulacion ſe hace libremente ſin reſpirar en los que tienen aún abierto el agujero oval, y que eſte agujero ſe ha obſervado en algunos adultos, no me parece impoſsible, que

ha-

viſto el agujero oval en los adultos, ſe han engañado, tomando por eſte agujero la abertura de las venas coronarias. Derham *Theolog. Phyſ. lib.* 4. *cap.*7. *not.*15.

(a) Una perſona del Paìs, diſtinguida por ſu nacimiento, y por un guſto acreditado en las Ciencias, me aſſegura, que paſſa eſto por verdad conſtantemente en Suecia; pero que acaeciò en Stromsholm, habitacion ordinaria de la Corte, y no en Troningholm.

(b) *De Aëris, & alim. conſ. cap.*10.

hayan acaecido casos tan extraordinarios.

Mas facilmente se creerìa lo que se cuenta de ciertas personas, ahorcadas por sentencia de la Justicia, ò por otra causa, y que se han hallado vivas despues de quitarlas del suplicio. Estos exemplos son mas frequentes, y muchos estàn suficientemente atestiguados. Sin embargo hay mas causas para la muerte en los ahorcados, que en los ahogados: la ligadura de la garganta, que comprime los vasos, los esfuerzos, que en esta parte se hacen, tanto por el peso del cuerpo, como por el que se le añade con los golpes, y los diferentes movimientos, que hace el Verdugo para apresurar el suplicio, &c. Si no obstante todo esto, se hallan de quando en quando algunos de estos infelices, que recobran vida, (a) yo me inclinarìa à creer, que se podrian salvar muchos ahogados, que han es-

(a) Esta especie de ajusticiados se libran de la muerte, ò porque duraron poco en el suplicio, para extinguir enteramente en ellos el principio de la vida; ò porque la cuerda, en vez de cerrar los anillos de la trachea, hizo su fuerza sobre la ternilla *escutiforme*, que vulgarmente se llama la *Nuez* de la garganta, y que en algunos puede hacer grande resistencia: con lo qual no se ha interrumpido enteramente la respiracion.

eſtado poco tiempo dentro del agua, y que ſe juzgan muertos por unas ſeñales comunmente equivocas, ò que los acaban de matar con remedios mal aplicados. Llámo remedios, ò ſocorros mal aplicados, tenerlos colgados cabeza abaxo, y muchas veces en un ambiente frio: mejor ſerìa procurar reanimar la ſangre con un calor ſuave, con licores eſpirituoſos, con friegas, y mantenerlos en una poſtura natural, y cómoda; porque han recibido poca agua, y el mal que tienen en el eſtomago no es el mas imminente, ni el mas verdadero.

Si falta la reſpiracion à los animales en el vacìo, ò en un ayre demaſiadamente enrarecido, tambien es muy penoſa en un ayre mas denſo de lo que pide ſu eſtado ordinario. M. M. Derham, y Muſcembroeck puſieron pajaros, y peces en un ayre dos, ò tres veces mas denſo que el que hay comunmente en la atmoſphèra, y la mayor parte de eſtos animales perecieron en el eſpacio de 5, ò 6 horas: no ſe debe dudar, que ſe les hizo violencia, rompiendo en eſta forma el equilibrio entre el ayre interior de ſu cuerpo, y el que los rodeaba; y que no huvieran tenido mucho mas que ſufrir, ſi ſe huvieran pueſto en un ayre

excesivamente comprimido. Pero no se creerà, que una doble, ò triple condensacion de ayre fuesse la principal causa de su muerte, quando se sepa, que animales de las mismas especies no viven mas tampoco en un ayre, que tenga la densidad, y el temple de la Atmosphèra, solo con que nunca se renueve.

Este es un hecho comprobado por la experiencia, y que explican los Physicos de diferentes modos. Pretenden unos (y éste es el mayor numero) que el ayre que se ha respirado, sale lléno de los vapores, y de las exhalaciones, que ha extrahido de la sangre purificandola; y que en este estado no puede respirarse otra vez, sin causar una sobreabundancia de aquellas partes dañosas, que detienen la circulacion, y sufocan al animal. Los otros, pensando con razon, que el ayre solo es apto para la respiracion en quanto es elastico, creen que pierde una gran parte de su resorte, por la detencion que tiene en el pulmòn, y en los vasos sanguineos; y que por esto, para respirarle saludablemente, es preciso, que ò se renueve, ò estè purificado de las partes heterogeneas, de que aparece visiblemente cargado al tiempo de la expiracion. Muy del caso es para el assunto todo lo que trahe

Mr.

Mr. Hales en ſu *Eſtática de los Vegetables, c. 6. exp. 107. y ſiguientes*, en donde ſe hallaràn obſervaciones muy curioſas.

Como quiera que ſea, ſe obrarà con prudencia, no exponiendoſe à un ayre, que ſe ſoſpecha eſtàr inficionado con una gran cantidad de exhalaciones, y ſobre todo de las ſulphureas: las cloacas, que han eſtado por mucho tiempo cerradas: los ſubterraneos cercanos à las minas: los lugares cercados, en donde ha havido carbon encendido, las miſmas bodegas, en donde fermentan los vinos nuevos, y la cerveza, ſon extremamente dañoſos. (a) Se puede hacer juicio de eſto por aquella célebre gruta de Italia, en la qual un perro, ù otro qualquiera animal, no puede eſtàr un minuto ſin ſofocarſe: por aquel accidente tan funeſto, como memorable, (b) acaecido en Chartres en el horno de un Panadero, donde ſiete perſonas ſe ahogaron de repente una tràs otra con el vapor de las braſas: en fin, por un gran numero de trabajadores, que ſe ſabe han perecido del miſmo modo, yà ſea abriendo foſſos, y yà limpian-

(a) *Camerarius in Epiſt. Taurinenſibus.*

(b) Hiſtor. de la Academ. de las Cienc. 1710. pag. 17.

piando los pozos antiguos. El uso de las estufas puede ser tambien pernicioso, mayormente al principio, quando son de hierro, ò cobre, y se calientan mucho: este ultimo metal principalmente puede arrojar al ayre dañosissimas exhalaciones.

No solamente se debe evitar este ayre ponzoñoso, cuyos efectos son tan prontos; pero la prudencia podria adelantarse à purificar, ò renovar, à lo menos, el que estamos necessitados à respirar. Por què v. g. no havemos de tener este cuidado en los Navìos, con las Salas de los festines, en las Minas, y en los Hospitales? Muchos Physicos muy habiles (a) han dado los medios, y se han hecho las pruebas con buen efecto. Yo crèo tambien, que las personas que estàn 9, ò 10 horas en la cama, deberian tener cuidado de no estàr muy cubiertas con colchas muy dobles, quedando todas las puertas muy cerradas; porquè no es sano permanecer tan largo tiempo en una corta porcion de ayre, que no se renueva bastantemente, y cuya pureza no puede dexar

(a) *Desaguilliers Transac. Philos. n.* 407.
Hales, Descript. du Ventilateur, par le moyen du quel, &c. Traduit en François par Mr. Demours.

xar de alterarse con la transpiracion insensible, y la respiracion.

Si se pudiesse purificar el ayre con la facilidad que se puede renovar, no hay duda, que se deberia hacer en bastantes ocasiones; y seriamos muy dichosos, si solo supiessemos dàr à conocer las utilidades. Juzguèmos de nuestro elemento, como lo hacemos del de los peces: si se infecta el el agua de un estanque, se vèn enfermar los peces, y en poco tiempo se experimenta en ellos gran mortandad. A què debemos atribuir las enfermedades epidemicas, cuyos symptomas son los mismos entre personas que viven de diferente modo entre sì, en un niño, en un adulto, en un Principe, en un Plebeyo, &c. consiste esto en el alimento, en el genero de vida, en la edad, en el temperamento? No provendrà mas bien de las qualidades actuales del ayre, que todos en comun respiran? No se vè con frequencia comunicarse, ò dissiparse esta especie de contagios, con los vientos, ù otras mutaciones, que suceden en la Atmosphèra?

Boyle (a) hace mencion de un licor muy volatil, de que se servìa Drebell para pu-

(a) *Exp. Physico-Mechan. exp.* 41.

purificar el ayre en una especie de Navío que havia ideado para ir entre dos aguas; pues yà se sabìa, que el ayre que se havia respirado, en poco tiempo se hacia incapàz de volverse à respirar. Hallanse Autores, (a) que dicen haver visto dicho vaso, que tambien le imitaron con poco efecto; pero su testimonio no nos hace echar menos esta invencion. Mas en quanto al licor, que merecìa muchas alabanzas, y del qual se podrian sacar grandes ventajas, si no huviesse muerto el secreto con su Autor, nadie dice haverle visto; y yo crèo que serà licito à lo menos dudar de esta maravilla.

Si alguno se llega à lisonjear de poder purificar el ayre, pienso que no lo conseguirà sino por una especie de filtracion, obligandole à passar por alguna materia, donde pueda deponer lo que contiene de extraño; pero para este efecto es preciso, que aquella materia, de que se quiere limpiar, pueda naturalmente asirse mas al filtro, que à las partes del ayre; el conocimiento de esta analogia debe ser el fruto de un gran numero de experiencias muy delicadas, y de observaciones muy profundas; pero el objeto es importante, y muchos

(a) *Papin, recueil de diverses pieces, &c. edit.* 1695.

chos Maestros doctos (a) han hecho à este assunto algunas pruebas, que lisonjean nuestras esperanzas. Dexado llevar de esta consideracion, me resolvì à proponer un instrumento para purificar el ayre, y para recoger las materias, de que puede estar cargado. Veanse las Memorias de la Academia de las Ciencias para el año 1741. pag. 335. y siguientes.

Aún se podrian decir muchas cosas acerca de las propriedades del ayre, y de sus usos por lo que mira à la respiracion, y al modo con que influye en la vida de los animales; pero por mas utiles que sean estas particularidades, solo pueden tener lugar en un tratado, en que *ex professo* se quiera hablar de quanto se sabe acerca de este fluido: y no permitiendome los limites, que me he puesto en estas Lecciones, estenderme mas en esta parte, passo à otra propriedad del ayre, que es tambien muy importante por las muchas aplicaciones, que puede tener. Quiero probar con casos de hecho, que las materias mas combustibles no pueden encenderse, sino en un ay-

(a) *Hales, Statique des Veget. chap. 6. exp. 116. Muschembroeck, Orat. de Meth. inst. Exp. Phys. pag. 28.*

re libre; y que quando lo estàn, se apagan prontamente en el vacìo.

DUODECIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

COloquese sobre la platina de una Máchina Pneumatica, y debaxo de un grande recipiente, una vela de sebo, bien encendida, (*fig.* 30.) y hagase andar la bomba.

EFECTOS.

A proporcion que se dilata el ayre, la llama disminuye su tamaño, y despues de algunos movimientos de la bomba, se apaga enteramente.

DECIMATERCIA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A, B, (*fig.* 31.) son dos piedras de fusìl, sostenidas por dos pequeños montantes de resorte, que estàn colocados sobre la platina de una Máchina Pneumatica, por medio de una pieza pequeña de metal, que està assegurada en el centro, por la qual pueden

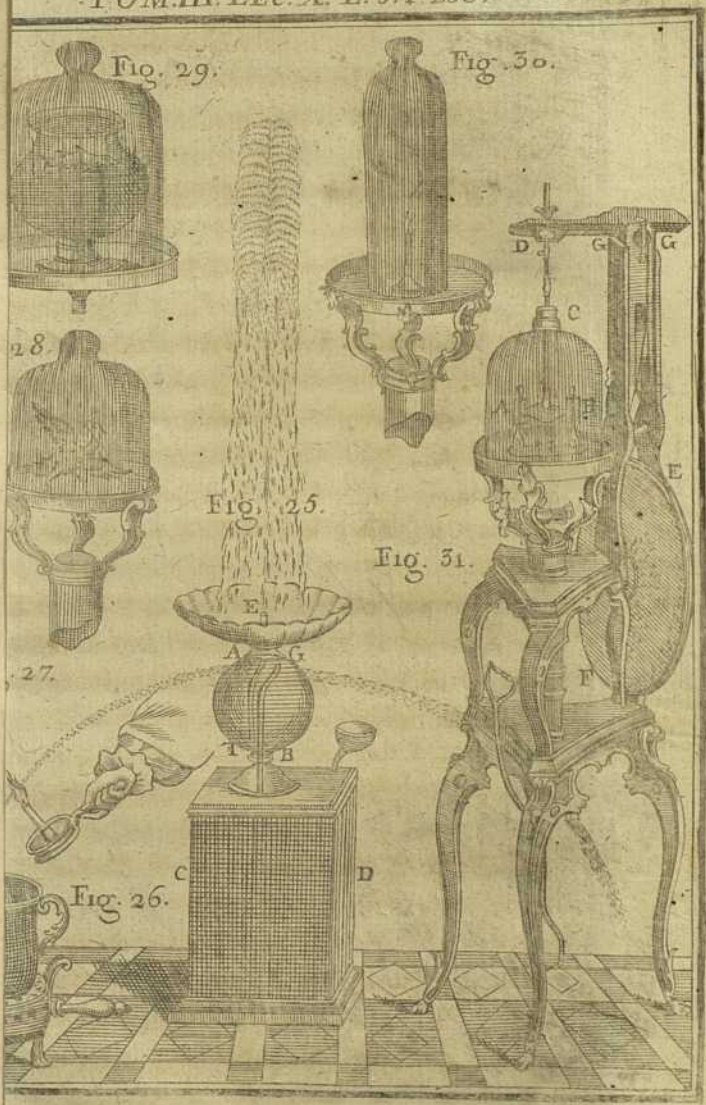


Fig. 29.
Fig. 30.
28.
Fig. 25.
Fig. 31.
27.
Fig. 26.
D
G
G
C
F
E
E
A
G
F
T
B
C
D

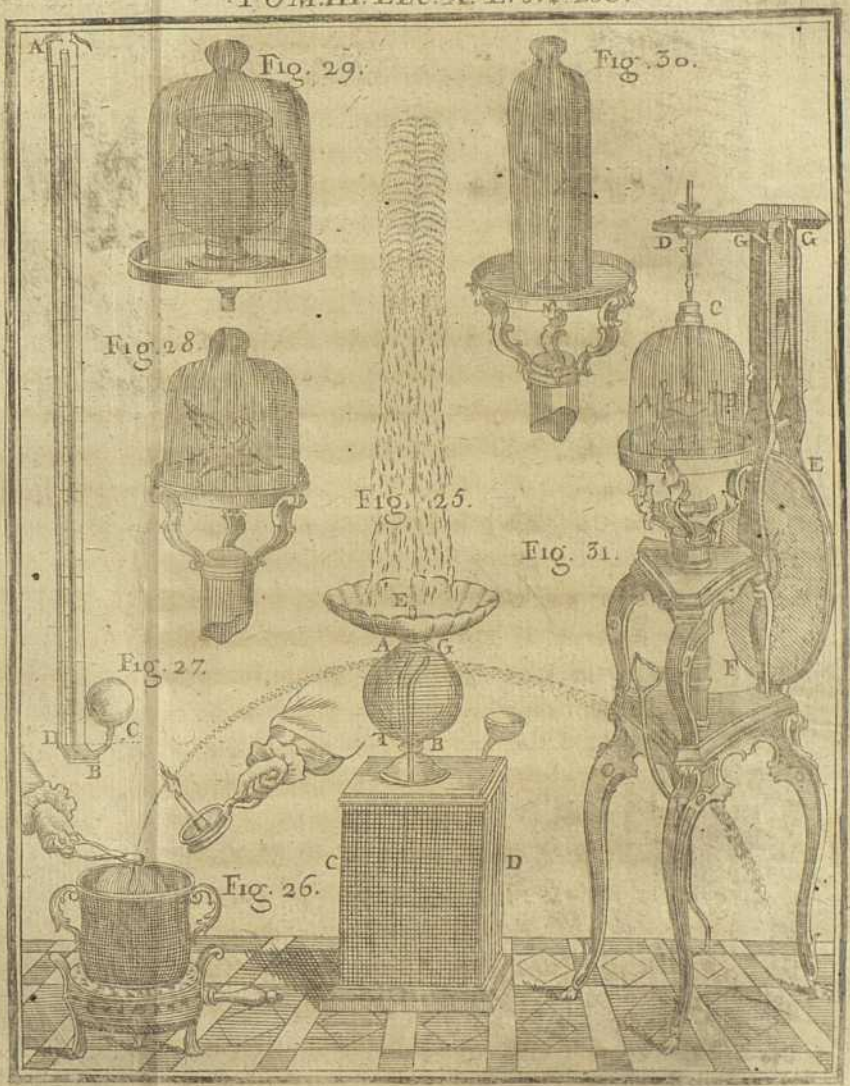


Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 28.
Fig. 25.
Fig. 31.
Fig. 27.
Fig. 26.
A
B
C
D
E
F
G

den correr, y acercarse mas, ò menos uno à otro. C, es una de las caxas con cueros, de que antes hemos hablado, cuya vareta està asida por una parte al exe de la garrucha D, y en la otra extremidad, entre las dos piedras, hay un eslabòn de acero templado, no muy redondo. Quando se dà vuelta à la rueda grande E F., se comunica el movimiento por las garruchas de G, G, D, hasta C, y se introduce por medio de la vareta en el recipiente; y dando fuertemente el eslabòn contra las dos piedras, salen chispas, como sucede ordinariamente.

EFECTOS.

Mientras el ayre del recipiente està en su estado natural, la frotacion del acero con las piedras produce un gran numero de chispas muy lucientes: y à proporcion que se rarifica el ayre con el movimiento de la bomba, estas chispas aparecen en menor numero, y son menos brillantes: quando llega el ayre à los ultimos grados de rarefaccion, apenas se perciben algunas, que tienen solo un color roxo, y obscuro: finalmente, quando el ayre llegò à los grados mas perfectos de rarefaccion, no se percibe ninguna; pero se empiezan à distinguir lue-

go que se introduce el ayre en el recipiente.

DECIMAQUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

EN un gran recipiente, (*fig.* 32.) armado como el antecedente, de una caxa llena de zapatillas de cuero, se coloca del mismo modo que las piedras de fusìl, una horquilla de metal, en que se mueve sobre dos goznes la pequeña redoma de vidrio H: en este vasito se ponen algunos granos de polvora; y en el centro de la platina sobre un pedazo de teja, ò de ladrillo, se pone un vaso muy doble de cobre K, que ha estado al fuego, hasta hacerse ascua: hacese prontamente el vacìo; y quando el ayre està extremamente rarificado, baxando la vareta I, se apoya sobre la boca de la redoma, que se inclina, y echa la polvora en el vaso de cobre hecho ascua.

EFECTOS.

La polvora en vez de inflamarse, y de hacer su ordinaria explosion, se disipa en humo, y sin estrepito; y quando mas, se distingue solamente una llamita azulada, y muy baxa.

EX-

EXPLICACIONES.

Es opinion recibida en la Phyſica, que la llama conſiſte en un movimiento de vibracion impreſſo à las partes del cuerpo combuſtible, que ſe diſsipan baxo la forma de un fluido extremamente ſutìl: ſi ſe admite eſta ſupoſicion, (que examinarèmos quando tratèmos de la naturaleza del fuego) facilmente ſe comprehende la cauſa, de que los cuerpos no ſe inflamen dentro del vacìo, y de que ſe apague en èl la llama; pues un movimiento de vibracion no puede durar ſino en un medio elaſtico, capàz de una reaccion, que lo conſerve: aſsi la luz ſe apaga poco à poco, à proporcion que ſe rarifica el ayre del recipiente; porque el reſorte del fluido ambiente ſe diſminuye à proporion de ſu denſidad, y las vibraciones de la llama no experimentan por ſu parte la reaccion ſuficiente. Por la miſma razon, la polvora que ſe echa ſobre metal ardiendo, no produce mas que humo en el vacìo; ò quando mas, una llama muy muerta, que al inſtante ſe apaga.

Es neceſſario advertir, que eſta ultima prueba no ſe ha de hacer ſino con muy pocos granos de polvora, como ſe previno

no en el articulo de la preparacion; porque el azufre, y el salitre quemados, producen algun ayre en el recipiente; y si se empleasse una cierta cantidad, se inflamarìa sin resistencia lo que cayesse al fin en el vaso ardiendo, y podria saltar con riesgo.

Las chispas, que nacen del choque del acero con los pedernales, son particulas del metal, que se desprenden de su masa con la violencia del golpe: que se calientan hasta enrojecerse, y lo mas frequentemente hasta fundirse: de esto es facil assegurarse recogiendolas en un papèl blanco, que despues se examina con un microscopio; porque todos estos pedacitos de acero aparecen como otras tantas bolitas muy lisas: lo que visiblemente denota, que se fundieron, y se pusieron redondas, como todas las materias líquidas, que nadan en pequeña cantidad dentro de un fluido.

Se puede notar, que muchas de estas chispas saltan al ayre, y representan un fuego mucho mas brillante que las otras: estas son las que se han fundido de tal modo, que llegan à dissiparse sus partes: se distinguen facilmente en el papèl por su color, que es mas obscuro, y porque son muy menudas, y como la limadura de hierro.

Mr.

Mr. Muſchembroeck, ſiguiendo à Boyle, à Mr. Hughens, y à otros muchos Phyſicos, ha hecho un gran numero de pruebas acerca de la inflamacion de los cuerpos en el vacìo, cuyo plàn ſe puede vèr en ſus Comentarios ſobre las experiencias de Florencia, pag. 74. y ſiguientes. Eſta lectura no puede dexar de ſer muy util à los que ſe aplican à la Phyſica; pero con mucho ſentimiento mio me vèo obligado à omitirlas.

APLICACIONES.

Pueſto que la llama no puede producirſe, ni mantenerſe, ſino en un medio elaſtico, no debe extrañarſe, que una vela encendida, ò un carbon ardiendo, ſe apague quando ſe mete en los licores mas inflamables, como en el eſpiritu de vino, y en los aceytes; y que la una, ò el otro enciendan eſtos miſmos licores, quando ſe han reducido à vapores. Porque en eſte ultimo eſtado ſe mezclan con el ayre, y forman con èl un fluido elaſtico, capàz por conſiguiente de aquella reaccion neceſſaria para mantener la inflamacion: quando en el eſtado de licores ſon tan poco compreſſibles, que ſe deben mirar como faltos del grado de elaſticidad neceſſaria.

El

El fuego arde mucho mejor, y la madera se consume mucho mas presto en tiempo de grandes frios, que en qualquier otro tiempo, quizàs porque el ayre es mas denso, y tiene mas resorte; y por el contrario se nota, que un braserillo lleno de brasas se apaga muy presto, si se pone al Sol, sobre todo en el Estìo.

Què se debe, pues, creer de aquellas lamparas sepulcrales de los antiguos, las quales, si se dà credito à muchos Autores, ardieron muchos siglos sin apagarse? Un fuego que no consume su alimento, y que se conserva en lugares donde no se renueva el ayre, llenos de vapores crassos, es una maravilla, cuya existencia debia constar con pruebas mas positivas, que todas las que se alegan, antes de formar una explicacion, que costarìa harto trabajo hacerla plausible. Porque no es suficiente que haya ayre al rededor de las materias inflamadas, para mantener el fuego; es tambien necessario que este ayre estè libre, y que tenga cierta pureza. Por esto cessan ordinariamente los incendios, quando empiezan en lugares, que se pueden cerrar por todos lados: si por otra parte son capaces sus paredes de resistir à los esfuerzos del ayre, y de los vapores que se dilatan por adentro.

Aun-

Aunque un ayre renovado mantiene la llama, y anima el incendio, no obstante el soplo de la boca apaga una vela, porque dissipa las partes, y separa al fuego de su pábulo: siempre que no puede hacerse esta separacion, la inflamacion, lejos de cessar, se và aumentando.

Debo advertir tambien, que no se deben intentar las inflamaciones en el vacìo, sino con muchas precauciones, principalmente las que provienen de fermentacion; porque como los licores proporcionados para este efecto son tanto mas activos, quanto estàn menos comprimidos del peso de la atmosphèra, su irrupcion debe ser naturalmente mas violenta en el vacìo, que en otra parte; yà sea que fermentando, produzcan una gran cantidad de ayre, cuyo resorte se desplegue al instante, como lo han pensado algunos Physicos; (a) ò yà sea porque reducidas à vapores, se dilaten ellas mismas por su propria inflamacion. Aunque no desapruebo la primera explicacion, crèo no obstante, que se hallarà mas verisimilitud en la ultima: quando manifieste en adelante los esfuerzos prodigiosos, de

(a) *Slare en las Lecciones de Physica de Cotes, 16. Lecc.*

que se son capaces los vapores que se dilatan.

Hasta aqui hemos recorrido las principales propriedades del ayre, que rodèa los cuerpos; pero este fluido se halla tambien en sus partes interiores: llena los vacìos: entra, por decirlo assi, en su composicion, como el agua de un estanque, ò de un rio penetra los arboles, las piedras que alli caen, y tiene su lugar en las concreciones, que alli se forman.

En qualquier estado que esten los cuerpos, se halla ayre en ellos: los licores contienen mucho: los cuerpos sólidos por la mayor parte contienen mas; y lo mas admirable en estos sobre todo es, que la quantidad de ayre, que se halla encerrado en ellos, excede frequentemente 100, ò 150 veces à su volumen, quando se halla separado, y no està contenido por el peso de la atmosphèra.

Puedese quitar el ayre de un cuerpo de quatro modos diferentes: primero, teniendole por algun tiempo en el vacìo. Segundo, haciendole calentar mucho. Tercero, dividiendole, y desuniendo sus partes, por via de fermentacion, de dissolucion, ò de distilacion. Quarto, en fin, haciendole passar del estado de líquido al de sólido, como

mo

mo quando ſe yela el agua. Los dos primeros medios, y quizà el quarto, no ſeparan mas que las partes mas grueſſas del ayre; quiero decir, el que ſe halla en los poros mas abiertos, y eſtà mas diſpueſto à extenderſe, y dilatarſe. Por el tercer medio ſe ſeparan las partes menores: aquellas (digo) à quienes una extrema pequeñèz hace caſi inflexibles, y que no quedan ſenſiblemente elaſticas, ſino quando llegan à reunirſe muchas, para formar globulitos algo mas grueſſos; porque ſe puede creer, que las láminas pequeñas, que componen una maſa de ayre, no ſon cuerpos ſimples, ſino unos pequeños compueſtos de elementos menores, y que ſon tanto mas rígidas, quanto eſtàn mas divididas: como una lámina de acero pierde ſu flexibilidad, à proporcion que ſe diſminuye ſu longitud. Puede ſuceder, que el ayre que entra en la compoſicion de los mixtos, y que concurre à la formacion de ſus partes integrantes, eſtè dividido haſta ſus partes elementales, y que por eſto ſea muy diferente del otro, que ſolo llena los vacìos, ò los poros de eſtas miſmas materias.

A eſte ayre extrahido de los cuerpos diò Boyle, y deſpues de èl Mr. Hales, el nombre de *Facticio*; no porque creyeſſen, que

se pueda hacer ayre, convirtiendo una materia en otra, sino porque el que existe en todos los cuerpos, y està con ellos intimamente mezclado, se revivifica de ordinario artificialmente. Se puede vèr en las Obras de estos mismos Autores (a) el plàn de las experiencias, que han hecho en esta materia, y las consequencias que han sacado. Yo me limitarè aqui à algunos exemplos, que seràn suficientes para dàr una idèa de este ayre *Facticio*, de las qualidades que tiene, y de los efectos, de que es capàz.

DECIMAQUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE meterà en un cortadillo de vidrio, lleno de agua clara, un pedazo de madera, ò de piedra, una nuez, un huevo, ò qualquier otro cuerpo sólido, y muy porosò, de suerte que quede enteramente sumergido: lo que se harà facilmente por medio de un plomo, que se le juntarà, si las materias, que se huvieren de meter, fueren mas

(a) *Boyle Experimentorum Physico-Mechan. continuat. 2. Hales, Statiq. des veget. chap. 6. & dans l'appendice, exp. 2. & suiv.*

mas ligeras que el agua: cubrese todo con un recipiente sobre la platina de la Máchina Pneumatica, y se empieza à dàr à la bomba para dilatar el ayre. (*fig.* 33.)

EFECTOS.

A cada vuelta del émbolo se puede notar, que sale una gran cantidad de bolas de ayre del cuerpo hundido en el agua; y quando se abre despues de esta prueba, se halla mas lleno de agua, de lo que podia estàr por la sola immersion.

EXPLICACIONES.

El ayre que està encerrado en los poros de la madera, de la piedra, &c. por lo menos es tan denso como el de la atmosphèra, cuyo peso està acostumbrado à sostener: quando se suprime esta presion, ò se disminuye con la accion de la bomba, este ayre se dilata en fuerza de su resorte, su volumen se aumenta; y no pudiendo yà contenerse en los espacios estrechos en que se halla, sale por entre el agua, y se hace visible en la forma de globulitos, que se levantan prontamente por su respectiva ligereza.

El

El ayre, que passa del cuerpo sólido al agua que le rodèa, toma la forma de globulitos; y este efecto acaece en general à todo fluido, que se halle dentro de otro, con el qual tiene dificultad en mezclarse, quizàs porque sus partes, igualmente comprimidas por todos lados, tiran à un centro comun. Yo bien sè, que contra esta razon se opone, que las gotas de agua, ò de mercurio permanecen redondas en el vacìo de Boyle; pero tambien sè muy bien, que este vacìo no lo es, hablando con propriedad, y que todo lo que se puede pretender, es, que la presion es menor que en otras partes; pero el efecto de que se trata, depende no tanto de una pression mayor, ò menor, quanto de una presion, por todos lados igual, que no se podrà negar en un vaso, en que se sabe, que solo està rarificado el ayre mas grossero, en el qual, como todos convienen, queda siempre otro fluido, fuera del que se saca por medio de la bomba.

Quando vuelve à introducirse el ayre en el recipiente, se vè el agua del vaso mas comprimida que lo estaba en el ayre dilatado: por consiguiente se carga mas sobre toda la superficie del cuerpo sumergido: el ayre que ha estado enrarecido

en

en los poros de éste, obedece à esta nueva presion, se reduce à menor espacio, y el agua và à ocupar los vacìos que quedan: por esta razon se hallan llenos de agua, quando se abren despues de la experiencia.

DECIMASEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

POngase debaxo de un recipiente en la Máchina Pneumatica un vasito de vidrio mas largo que ancho, y lleno hasta las dos terceras partes, de cerbeza, de leche, de espiritu de vino, ò de agua un poco tibia, y se hace andar la bomba.

EFECTOS.

A proporcion que el ayre del recipiente se enrarece, el que se contiene en el licor se separa, y se levanta à la superficie en forma de bolas, que se aumentan mas, y mas en numero, y tamaño: las del espiritu de vino, y las del agua, hacen un movimiento, que dura algun tiempo; y si se continùa enrareciendo el ayre, cessa al fin este efecto, y no se vè salir mas ayre: la cerbeza, y la leche se levantan como espu-

ma,

ma, y se vierten fuera del vaso. Vease la *fig.* 34.

EXPLICACIONES.

Quando se suprime el ayre exterior, se dà lugar al que està incorporado con el licor para separarse; porque no estando como antes comprimido, adquiere mayor volumen, y su ligereza respectiva, mas poderosa entonces que el frotamiento, y que las demàs causas, que procuran detenerle, no dexa de levantarle à la superficie.

Quanto es mas facil de dividirse el licor, tanto mas prontamente se levantan las bolitas de ayre; y se hacen tanto mayores, porque hallan menos obstáculos que vencer para extenderse: por esta razon, quando el recipiente llega à evacuarse hasta un cierto punto, el espiritu de vino, y el agua tibia, que son muy fluidas, dexan prontamente salir su ayre, que las levanta en grandes borbotones: por el contrario siendo la cerbeza, y la leche licores viscosos, no se dividen sino con dificultad: las bolitas de ayre, que en ellos se forman, quedan como envueltas en unas vexiguitas, y solo se levantan lentamente; y como estas ampollitas no son mas que las mismas partes del

del licor, que tienen dificultad en separarse, las bolitas de ayre se las llevan consigo, y dexan vacìo el vaso.

APLICACIONES.

Muchos imaginan, que todos los cuerpos, generalmente hablando, se conservan largo tiempo en el vacìo; pero hay mucho que rebaxar de esta preocupacion. Es cierto, que aquellos, que por su naturaleza estàn dispuestos à deshacerse por la evaporacion de una parte de su substancia, ò à corromperse con la humedad, que los podria penetrar, se destruyen con menos prontitud en el vacìo, que en el ayre libre, porque no estàn rodeados de un fluido, que hace (como yà hemos dicho (a)) las veces de esponja, ò de absorbente, y que siempre està cargado de algunos vapores; pero no sucede assi con los que en sì mismos tienen un principio de fermentacion; porque lo primero, perdiendo el ayre, que llena sus poros, el movimiento intestino de sus partes se queda mas libre: lo segundo, se aumenta tambien esta libertad con la supresion del peso, ò del resorte del ayre exterior: lo

(a) *Tom. II. pag. 97. y sig.*

que me hace creer, que las materias de esta ultima especie se conservan mejor en un ayre comprimido, que en el vacìo.

El vino de Borgoña, que ha passado los Alpes, no tiene el mismo cuerpo que el que se bebe en Francia: parece menos subido de color, y mas picante: quizàs podria venir de haverse alterado al passar por encima de las altas montañas, donde siendo menor la presion de la atmosphèra, que lo es en un llano, pudo dàr lugar à algun principio de fermentacion: lo que me darìa lugar à sospecharlo es, que haviendo tenido en un ayre algo rarificado, y por espacio de algunos dias, una botella de vino, en cuyo tapòn havia hecho un agujerito, me pareciò algo alterado, y casi semejante al que havia gustado en el Piamonte. Debo añadir no obstante, que muchas personas dignas de fé me han assegurado, que el vino de Borgoña, que và por mar à Italia, està sujeto à semejantes mutaciones: un mismo efecto puede producirse por diferentes causas.

El ayre, que se separa de un licor, aumenta precisamente su volumen, hasta que ha salido del todo; porque se llegan à juntar muchos de los globulitos insensibles, que ocupan los poros, y forman mayores

ma-

maſas, que ocupan nuevos ſitios en el licor: de la miſma ſuerte, que ſi el agua, que ſe echa ſin dificultad, como ſe ſabe, en un vidrio lleno de cenizas, ò de arena, ſe convirtieſſe al punto en muchos pedacitos de yelo del grueſſo de una cabeza de un alfiler; ſe percibe bien, que no podrian contenerſe las dos materias en el miſmo vaſo. El ayre ſe ſepara tambien de los licores que fermentan, y el esfuerzo, que hace para aumentar el volumen, muchas veces quiebra los vaſos, que los contienen.

Es inutil proponer aqui alguna experiencia para probar, que ſe puede ſacar el ayre de alguna materia, calentandola mucho: de eſto tenemos ſiempre à la viſta muchos exemplos en la preparacion de nueſtros alimentos: ſe oye, y ſe vè ſalir tambien el ayre de la carne, y de los frutos que ſe cuecen, de la leña verde, que ſe echa en el fuego, del agua, y de los demàs licores que ſe hacen hervir. El primer hervor ſe debe atribuir à las partes mas grueſſas del ayre, que dilatadas con el calor en un fluido, que tambien ſe dilata, aumentan el volumen, y levantan con violencia lo que ſe opone à ſu extenſion, y elevacion. Digo el primer hervor; porque harè vèr (hablan-

do del fuego, y sus efectos) que un licor, que continùa hirviendo, hasta que se evapora enteramente, no se reduce à vapores en fuerza de una cantidad de ayre tan suficiente, que pueda durar hasta el fin. Pero quando sale el ayre de un licor que se calienta, se vè casi con poca diferencia el mismo efecto, que en el vacìo: las bombitas que se forman, tienen tanta mayor dificultad en separarse, quanto la materia que las encierra, es mas dificil de romperse, ò dilatarse: por esto se separan lentamente, y se levantan mas en la leche, que en el agua, y la accion del fuego, que tira à dilatarlas, obra mas tiempo en cada una, y al mismo tiempo se exercita contra un mayor numero de ellas; por esta razon ciertas especies de licores, como la cerbeza, las resinas, y las gomas derretidas, se hinchan poco à poco, y sorprenden muchas veces con repentinas efervescencias à los que con poca cautela las tienen al fuego.

Casi como sale el agua de una esponja empapada, que se exprime, se separa el ayre de todas las materias, cuyas partes se juntan, y se condensan tenàzmente: rara vez se percibe esto en los sólidos, porque estando situados comunmente en el ayre de

la

la atmosphèra, el que sale de sus partes interiores se mezcla immediatamente con otro fluido semejante, que por esta razon impide que se perciba; y solo comprimiendo los cuerpos en el agua, ò en otro licor, podrèmos quedar assegurados del efecto, de que tratamos.

Los líquidos, que se yelan, se separan bien del ayre que contienen, à proporcion que se juntan sus partes; y quando ha salido el ayre, que estaba contenido en sus poros, en particulas insensibles, se junta en muchas bolitas, y toma diferentes formas en la masa, si queda encerrado, y detenido en ellos por los progressos rápidos de la congelacion. Podria traher por pruebas los phenomenos del yelo; pero no faltarà ocasion de hacerlo, quando tráte del agua, y de sus diferentes estados.

El ultimo medio, acaso mas eficàz que todos, para separar el ayre de las materias, con que està mezclado, es la division de sus partes; sobre todo, si esta division llega hasta descomponerlas, como por lo comun sucede quando se dexan podrir, fermentar, distilar, ò quemar los cuerpos mixtos.

Que la quantidad de ayre, que de esta suerte se saca, iguále casi el volumen de los cuerpos de donde sale, es una maravi-

lla,

lla, que no se ha podido creer sino por la experiencia; pero que este ayre extrahido, y sujeto al peso de la atmosphèra, exceda un gran numero de veces el tamaño de los mismos cuerpos que le contenian, es cosa que no se puede oìr sin pasmo; y nos inclinariamos à dudarlo, si los Autores mas acreditados no huvieran apoyado sus testimonios sobre un plàn bien circunstanciado de sus pruebas. Las de M. M. Mariotte, y Hales me han parecido las mas decisivas; y de sus escritos he sacado las siguientes: el lector, que tóme el trabájo de buscarlas en sus fuentes, hallarà gran numero de hechos, unos mas curiosos que otros, y que unanimemente establecen la doctrina, que acabo de exponer.

DECIMASEPTIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 35. representa una taza de metal muy delgada, en cuyo centro hay un hueco, que se llena de una gota grande de agua; se echa despues aceyte hasta la altura de un dedo, y se cubre la gota de agua con un vasito de vidrio, que tiene la figura, y casi el tamaño de un dedàl, teniendo

do cuidado de que eſtè lléno de aceyte, lo que es facil de hacer, inclinandole en la taza, antes de ponerle derecho.

EFECTOS.

Pueſta la taza ſobre la luz de una vela, ò de una lampara, para calentar la gota de agua, lo primero que ſucede es, que poco à poco ſe levanta una gran cantidad de bolitas de ayre: luego que todo ſe ha enfriado, quedan éſtas en el vaſito, ocupando un eſpacio mayor, (a) que el volumen de la gota de agua, de donde ſalieron. Lo ſegundo, luego que ſe enfria el aceyte, que queda en el vaſo de vidrio, pierde ſu tranſparencia.

EXPLICACIONES.

A proporcion que la gota de agua ſe calienta, las partes ſe deſunen un poco unas de otras: los poros, ò pequeños intervalos que hay

(a) Mr. Mariotte dice 8, ò diez veces mayor. No obſtante, aunque he repetido eſta experiencia muchas veces, y con gran cuidado, y atencion, jamàs he encontrado tanto ayre en la parte ſuperior del vaſo.

hay entre ellas, se dilatan: las particulas de ayre, que estaban contenidas, quedan mas libres, y su respectiva ligereza basta entonces para separarlas enteramente, y para levantarlas à la parte superior del vaso de vidrio; pero lo que mas ayuda à esta separacion, es, que el mismo calor que dilata la bola de ayre, dilata tambien las bolitas pequeñas; y aumentando considerablemente su volumen, las hace otro tanto mas ligeras, y por consiguiente las dexa tanto mas aptas para levantarse sobre el agua, y el aceyte. Se puede tambien añadir, que la fluidèz del agua, y del aceyte aumenta con la accion del fuego: lo que disminuye la friccion, y viscosidad; esto dà lugar à que las bolas de ayre se separen, y se eleven mas facilmente. La columna de aceyte, que cubre la gota de agua, queda opaca, porque el calor levanta el vapor del agua, que se mezcla con las partes del aceyte, y con ellas forma unas moléculas, cuyo agregado dexa menos passo à la luz; yà porque los poros de este líquido compuesto sean menos directos, que los del agua, y aceyte separadamente; ò yà porque sus partes quedan muy gruessas. Esta ultima razon (que no excluye à la otra) parece tanto mas probable, quanto este mismo aceyte, cargado

de

de agua, y yà opáco, recobra casi su primera transparencia, quando se vuelve à calentar; sin duda, porque entonces las partes atenuadas por la accion del fuego dexan un peso mas libre à la luz.

DECIMAOCTAVA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA preparacion de esta Experiencia se hace casi como la de la precedente, à excepcion solo, que se emplean vasos mayores, y que en vez de la gota de agua dentro del aceyte, se pone en agua tibia un cilindro pequeño de azucar comun, igual à la parte A B, tomada interiormente, (*fig.* 35.)

EFECTOS.

Al passo que el azucar se deshace en el agua, se vèn salir unas bolitas de ayre, que se levantan à la parte superior del vaso; y luego que està hecha la dissolucion, la quantidad de ayre, que se levanta, iguala frequentemente los $\frac{2}{3}$, ò los $\frac{3}{4}$ del espacio A B.

EXPLICACIONES.

El agua caliente, penetrando al azucar, desune sus partes, y las subdivide; en tal caso las bolitas de ayre, que contenian entre sì, quedandose como desamparadas, se levantan por entre el agua, que siempre es mas pesada. La cantidad de estas partículas de ayre varìa, segun la qualidad del azucar, y la solucion mas, ò menos perfecta de su masa: pero siempre se puede comparar el volumen de ayre que ha salido, al de la azucar que se ha deshecho; pues el espacio A B sirve de medida comun à uno, y otro.

DECIMANONA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE juntarà la retorta A B, (*fig.* 36.) en que se havrà puesto alguna materia, para destilar al matráz A C, con alguna especie de betún, que no se derrita à un mediano calor, y que tampoco se dissuelva con una humedad pequeña. Juntos assi estos dos vasos, se meterà en el cuello del ultimo un brazo del syphòn E D F, por un agu-

agujero formado en el fondo del vaſo; luego ſe mete el matràz, y el ſyphòn en el agua, para que el primero ſe llene de ella por D, haſta la altura F; lo que facilmente ſe hace por medio del ſyphòn, que permite ſalir el ayre: quitaſe deſpues eſte ſyphòn, y el agua queda ſuſpenſa à la altura F por la preſsion de la Atmoſphèra, que obra ſobre la del cubo. Finalmente ſe calienta la retorta, poniendola ſobre una hornilla, diſpueſta en la altura conveniente. Si las materias, que ſe deſtilan, dàn ayre, el volumen del que eſtà encerrado en A F, ſe aumenta; ſi por el contrario ellas le atrahen, como parece en algunos caſos, tambien ſe vè por la diminucion del miſmo volumen de ayre; y ſi ſe quiere cotejar la cantidad de ayre dado, ò embebido, con la de las materias, que ſe han pueſto en la retorta, ſe puede hacer facilmente, reduciendo à una medida conocida, como una pulgada cúbica, por exemplo, lo que ſe pone en la retorta; pues deſpues de la deſtilacion, ſe podrà vèr quántas pulgadas cúbicas de agua ſe neceſsitan, para llenar el eſpacio, que ocupa el ayre, contando el aumento por debaxo, y la diminucion por encima de F.

Pero eſte volumen de ayre no puede

medirse, hasta que estè todo templado en el mismo grado, que lo estaba el de la parte A F, en el punto en que se comenzò la Experiencia; porque bien se sabe el efecto, que puede causar en las dimensiones de este fluido, el aumento, ò diminucion de los grados de calor: y porque en atencion à esto no haya que sospechar algun yerro considerable, convendria tener alli encerrado algun thermometro pequeño muy sensible.

Otro cuidado, que se debe tener tambien, si se quiere proceder con exactitud, es medir la altura del barometro al principio, y al fin de la Experiencia, para assegurarse de la igualdad, ò desigualdad del peso de la Atmosphèra, durante el tiempo de la operacion: porque es cierto, que el volumen de ayre contenido en el cuello del matràz debe aumentarse, ò disminuirse, segun el mayor, ò menor ascenso del agua, por la presion del ayre exterior sobre la superficie del vaso.

En fin, si se ha de proceder con una escrupulosa exactitud, se debe tambien considerar, que la columna de agua, que queda sobre el nivèl, ò que se vè obligada à baxar por la mayor, ò menor cantidad de ayre, que ocupa el cuello del matràz, impi-

pide que este ayre no tenga jamàs una densidad perfectamente igual à la del ayre exterior; pero en la mayor parte de estas pruebas podemos contentarnos felizmente, con que sea corta la diferencia; y el Physico debe vencer estas minucias, para no acobardarse en sus pesquisas.

EFECTOS.

Con diligencias casi semejantes à las que acabo de referir, despues de haver probado Mr. Hales, (*a*) toda especie de materias, animales, vegetables, y minerales sólidas, y liquidas, hallò, que, por exemplo, una pulgada cúbica de sangre de puerco destilada, hasta las escorias secas, produce 33 pulgadas cúbicas de ayre.

Que media pulgada cúbica de la punta del cuerno de un Gamo dà 117 pulgadas de ayre, lo que hace un volumen 234 veces tan grande, como el de la materia destilada.

Que de media pulgada cúbica de madera de encina salen 128 pulgadas cúbicas de ayre.

Que de una pulgada cúbica de tierra virgen

(*a*) *Statiq. des Veget. ch. 6.*

gen ſalen en la deſtilacion 43 tantos de ayre.

El miſmo Autor hallò, que el agua fuerte, el azufre, y otras muchas materias, lexos de dàr ayre, le reciben; eſto es, que deſpues de la deſtilacion, el volumen de ayre contenido en A F, ſe halla menor, que lo que era antes de la Experiencia.

EXPLICACIONES.

Quando ſe deſtila alguna materia, la accion del fuego divide ſus partes, las reduce à vapores, y las eleva. Las partículas de ayre, que eſtàn en la maſa, hallandoſe caſi ſueltas por ſu diviſion, y evaporacion, ſe unen con el volumen de ayre, que eſtà encerrado en la retorta, y en el cuello del *matràz*, y eſte volumen ſe aumenta otro tanto: de aqui nace, que la ſuperficie del agua baxa comunmente por debaxo de F.

Pero ſi la materia, que ſe deſtila, es de tal naturaleza, que el ayre ſe une mas facil, y fuertemente con ella, que lo que puede unirſe con otro ayre, no ſolo no ſe ſepara eſta materia de las partículas de ayre, que contiene; pero adquiriendo mas ſuperficie con ſu diviſion, ſe apropria tambien nuevas partes de ayre, paſſando por el eſpacio A F; y el agua ſe levanta otro tanto mas,

pa-

para ocupar el lugar del ayre embebido.

Lo que no ſe concibe facilmente, es, que pueda contenerſe tan grande cantidad de ayre en ciertas materias, ſin que parezca haverſe comprimido quanto al parecer ſerìa preciſo, ſi ſe quiſiere reducir à tan pequeño volumen, una vez que eſtuvieſſe ſeparado: porque què fuerza no ſerìa meneſter, para reducir al eſpacio de media pulgada cúbica 117 pulgadas cúbicas de ayre ſemejante al de la Atmoſphèra?

Eſte phenomeno nos enſeña, que el ayre íntimamente mezclado con otras materias, eſtà en un eſtado totalmente diferente de aquel, en que le vémos, quando eſtà ſeparado; quál es, pues, eſte eſtado del ayre en lo interior de los cuerpos? Y cómo recibe otro, quando ſe ſepara?

Se puede ſuponer, como lo han ſupueſto muchos ſábios Phyſicos de nueſtros tiempos, que las partes del ayre, quando eſtà íntimamente mezclado con otra materia, no ſe tocan, y que eſtàn immediatamente aplicadas à las partes miſmas del cuerpo, que las contiene, como podrian eſtàr los hilitos de algodòn, en que eſtuvieſſen embueltos, por exemplo, unos granos de arena, ò ſe hallaſſen ſeparadamente colocados en los interválos, que faltaſſen por llenar

nar entre estos mismos granos, juntos en una masa; pues aunque muchos hilos de algodòn juntos forman por lo comun un copo pequeño, flexible, y que ocupa un espacio muy sensible, à causa de todos los huecos, que son parte de su volumen; se comprehende bien, que ocuparìa incomparablemente menos por su materia propria; y si sus huecos, llenos de otra substancia, no contribuyessen à su tamaño. Se debe convenir tambien, en que su flexibilidad, y por consiguiente su resorte serìa nulo, si cada uno de estos hilitos estuviesse sostenido de un cuerpo duro, como infaliblemente sucederìa, si estuviesse lleno de una materia sólida el espacio del uno al otro.

Esta hypothesis es tanto mas verisimil, quanto parece, que el ayre no contribuye, ni à la compressibilidad de los cuerpos, ni à su dilatacion: el espiritu de vino de los thermometros, quando està purgado de ayre, (*) no aparece ni mas, ni menos sensible al aumento del frio, ò del calor: y los cuerpos, que se han tenido en el vacìo, no son menos compressibles, aunque se haya visto salir una cantidad de ayre muy considerable. El ayre, en lo interior de los cuerpos,

(*) *Mem. de l'Acad. des Scienc. an.* 1731. *p.* 267.

pòs, està, como dice Mr. Hales, en un estado de fixacion, y aun en el punto mismo, que se separa, no adquiere resorte, si lleva consigo alguna substancia extraña, que le impida juntarse con otro ayre, para formar globulitos: pues solo en este ultimo estado puede ser flexible, y elastico.

Confiesso, que este modo de discurrir està fundado en pruebas incontestables; pero hay otros, que no son menos ciertos, ni menos conocidos, y que nos obligan à pensar muy de otra suerte: quando una materia està en el vacìo, ò la accion del fuego, ò de un dissolvente disminuye, ò hace cessar la trabazòn de sus partes, al punto se vè separarse el ayre: no deberèmos por ventura pensar, que este ayre estaba en el estado de un resorte comprimido, y que solo esperaba para extenderse la supresion de los obstáculos, que se lo impedian?

Vámos à vèr lo que se puede decir para conciliar estos phenomenos, que parecen contrarios: el ayre en la mayor parte de los cuerpos se halla en dos estados diferentes: los mayores vacìos, esto es, aquellos poros, que comunican entre sì, le contienen en globulitos, ò por mejor decir, en columnas pequeñas, que el peso de la Atmosphèra ha condensado, y que por la con-

tiguidad de sus partes han conservado la facultad de extenderse, y de salirse à fuera, en el instante en que cessa la presion exterior. El otro ayre mucho mas dividido solo ocupa los poros sueltos mas pequeños; y la coherencia de la materia, que le rodèa, es mayor que la elasticidad de dicho ayre. Para separar el primero basta, ò aumentar mucho con el calor su resorte, ò quitar el obstáculo, que le mantiene comprimido: estos dos medios son faciles. Primero, porque el resorte del ayre se esfuerza tanto mas, quanto es mayor su volumen. Segundo, porque los poros, que contienen estas columnas pequeñas, estàn abiertos hasta la superficie. No sucede assi en el otro ayre; es preciso, para extraherle, dividir el cuerpo en sus menudas partes; y como se supone estàr este fluido reducido casi à sus primeros elementos, no se puede esperar nada de su resorte, para ayudar à esta separacion.

Hecha esta suposicion, concibo bien el modo, con que el ayre no hace mas dilatables, ni mas compressibles las materias con que està mezclado, aunque conserve su elasticidad; pues primero, si los globulos contiguos unos à otros en toda la extension de cada poro, estàn contenidos como

en

en una bayna, cuyas partes ſólidas ſe ſoſtienen mutuamente; eſte canal, comprimido por defuera, no tomarà nada de la flexibilidad del ayre, que en sì encierra, y por conſiguiente el cuerpo entero (que no es mas que un agregado de eſtos canalitos) no ſerà mas, ni menos compreſsible; yà porque ſus poros eſtèn llenos de ayre; ò yà porque eſtèn vacìos. Segundo, ſi eſtas columnas de ayre amoldadas en los poros ſe componen de globulos muy pequeños, como ſe debe ſuponer, ſolo podràn dilatarſe muy poco con la accion moderada del fuego; y ſu aumento no ſerà ſenſiblemente mayor, que el de aquellos poros, que ſe dilatan tambien por el miſmo grado de calor. Y aſsi la maſſa totàl no ſerà, ni mas, ni menos dilatable, yà contenga ayre elaſtico, ò yà no lo contenga.

Pero pregunto: Eſte miſmo ayre, aun el mas intimamente mezclado, el que miramos, digo, deſpojado de toda elaſticidad, dexarà de tenerla acaſo, por eſtàr ſumamente dividido? Sus partes por ventura en vez de quedar demaſiado pequeñas, para ſer flexibles, no ſe envolveràn quanto les ſea poſsible? y ſu inflexibilidad no nacerà de lo poco, ò nada, que pueden acercarſe entre sì? Aſsi ſucede à lo menos con el

hilo, quando està devanado; queda hechó un cuerpo duro, dificil de comprimir; y quando se deshace el ovillo, ocupa el hilo un sitio incomparablemente mayor. Parandome un poco en esta idèa, concibo la razon, por la qual dicho ayre, extrahido de los cuerpos, toma un volumen tan grande, que excede 200, ò 300 veces al tamaño del todo, de quien era parte. La Naturaleza puede haver buscado medios con que restringir asi las particulas de ayre, que introduce ella misma en la composicion de los mixtos; y la coherencia de estos mismos cuerpos (venga de donde viniere) es una potencia suficiente para resistir à su reaccion.

Puede añadirse otra razon para explicar esta prodigiosa extension del ayre extrahido; y es, que este ayre no es puro, es un fluido compuesto, que embebe en sì mucha parte de las materias de donde sale. Solo me serviràn de prueba los efectos, de que es capàz. El que se saca de la pasta fermentada, de la fruta, y de la mayor parte de los vegetables, apaga el fuego, sufoca los animales, y se siente por un olor penetrante: (a) con que es evidente, que dicho ay-

(a) Boyle *Exp. Phys. Mech. continuat.* 2. Hales *Stat. des Veget. pag.* 152.

ayre eſtà cargado de un vapor abundante, que compone parte de ſu volumen; y por otra parte ſe ſabe, que todas las ſubſtancias evaporables ſe extienden prodigioſamente. Y aſsi las 128 pulgadas cubicas de ayre, que ſalen de media pulgada cubica de freſno, ſe reducirìan naturalmente à una cantidad mucho menor, ſi ſe ſeparaſſen las particulas extrañas, que contienen.

APLICACIONES.

Los alimentos, aſsi ſólidos, como líquidos, que entran en el eſtomago, ſe deſcomponen en èl con la digeſtion, y ſe deshacen por conſiguiente del ayre, que contienen: eſte ayre, ſeparado en eſta forma, ſe junta en bolitas, y toma un volumen mucho mayor, no ſolo porque ſe extiende, quando eſtà libre, como ſe ha viſto por las experiencias precedentes; pero tambien porque toma un grado de calor muy grande, que lo dilata tanto mas, quanto ſu maſa ocupa mas eſpacio.

Si el ayre, que ſe ſepara aſsi de los alimentos en el eſtomago, no halla paſſo libre para ſalir, comprime, y dilata las partes, que le retienen, y ſus esfuerzos cauſan algunas veces muy vivos dolores, que ſe llaman *colicas flatulentas.*

Quan-

Quando nada se opone à su salida, sale por la boca, y causa eructos por lo comun desagradables, y mas, ò menos frequentes, segun la cantidad de los alimentos, que se han tomado, sus calidades, sus preparaciones, ò la disposicion actual del estomago, que lo digiere.

Estos eructos desagradan casi siempre, aunque se hayan comido, ò bebido substancias, que sean por sì mismas de un olor, y un gusto muy agradables: esto nace de que la digestion las altèra, y el ayre, que se exhala, solo retiene lo que extrahe: en los alimentos mas sanos hay partes, que quando estàn separadas de las otras, son capaces de tocar nuestros sentidos de un modo desagradable, y aun dañoso. El pan, y la masa, las uvas, y las demàs frutas, &c. son del gusto de todos, y no hacen daño al comun de las gentes: sin embargo, el ayre, que sale quando se fermentan, es infecto, y mortal.

Un estomago cargado de alimentos con demasìa se halla expuesto mas que qualquier otro à las incomodidades, que nacen de esta misma especie de exhalaciones: la razon se muestra por sì misma. Pero la calidad, y la preparacion son dos cosas, que tienen mucha parte en este efecto. En general, los

li-

licores eſpiritoſos, y fermentados, como el vino, la cerbeza, &c. y todos los alimentos crudos, trahen conſigo grandiſsima cantidad de ayre, è incommodaràn ſin duda, ſi no ſe uſan con moderacion.

El uſo moderado de los alimentos no ſiempre libra de los eructos del eſtomago. Hay muchas perſonas precaucionadas, y ſobrias, que padecen baſtante. Eſto nace de que en tal caſo hay algun humor vicioſo, que ocaſiona una mala digeſtion. Siguiendo nueſtros principios, eſta digeſtion es mala por exceſſo; porque pueſto que dà mayor cantidad de ayre, ſeñal es, que los alimentos eſtàn mas divididos; aſsi en ſemejante caſo ſe podria decir, que ſe digiere mucho; pero eſto excede los limites de mi aſſunto. Mejor ſerà ſometer eſta queſtion al examen de la Facultad de Medicina.

En ciertos tiempos del año el vino, y la cerbeza ſe echan à perder en los toneles, y en las botellas; es decir, que ſe forma una ligera fermentacion, ſobre todo, ſi eſtos licores ſe remueven, ò ſe ponen en lugares no muy freſcos: eſtos movimientos interiores no dexan de dàr lugar à las particulas de ayre, de ſepararſe, y ſubir à la ſuperficie; y como entonces neceſsita mucho mayor lugar, que el que ocupaba, quando eſtaba di-

dividido, y dentro de los poros, sale con ímpetu, quando se abren sus vasos, y sus esfuerzos llegan à quebrarlos, quando hay el descuido de dàrles passo.

En los laboratorios de Chymica los Artistas tienen gran cuidado de dexarle alguna salida al ayre, quando tapan sus vasijas. Saben por el uso, que sin esta precaucion estàn à riesgo de rebentar con ímpetu los balones. Quando acaece este accidente, se suele atribuir à la masa de ayre, que ha quedado encerrada en el recipiente, y que se dilata con el calor; y en efecto contribuye esta causa; pero la fractura de los vasos viene principalmente de la cantidad de ayre, que sale de la mayor parte de las materias, que se destilan; pues de ordinario el balòn es capàz de resistir à los esfuerzos del ayre, que encierra, y que no sufre mas que un moderado calor.

Quando se mete una caña, ò un palo en el fondo de un rio, ò en un estánque, por lo comun se levantan à la superficie de la agua muchas bolitas de ayre: esto sin duda viene de las hojas de las ramas de los arboles, de las plantas, y otros vegetables, que se han juntado, y podrido en el fondo; y queda detenido el ayre en el lodo, hasta que se le abre passo.

Si

Si se saca el ayre de una materia, sin desunir las partes de su masa, por exemplo, en el vacìo: luego que se expone de nuevo al ayre, vuelve à recibir lo que se le ha sacado, à la manera de una esponja, que se llena de agua siempre que se mete en ella, despues de haverla comprimido. Mr. Mariotte (a) se asseguró del hecho, con una experiencia tan simple, como ingeniosa. Sacò el ayre de cierta cantidad de agua, haciendola hervir; y poniendola despues por algun espacio en el vacìo, llenò una redoma, y la vertiò en un vaso lleno de agua, sin taparle; observò, que se levantaba una bola de ayre del gruesso de una avellana: viò disminuirse poco à poco este ayre, que desapareciò al cabo de tres dias, con corta diferencia: lo que evidentemente le hizo conocer, que el agua de la redoma lo havia absorbido: lo que sucediò con el agua, sucederìa sin duda con qualquiera otra materia; quando mas, se podria sospechar alguna diferencia en la cantidad del ayre, que entraba, ò en el tiempo que tardaba en entrar.

Ocupado en experiencias de otra especie, para saber en quánto tiempo puede re-

(a) *Essai sur la nature, & les propriet. de l'air.*

cobrar el agua el ayre, que ha perdido, ò por el hervor, ò por la supresion del peso de la Atmosphèra, hice la siguiente

VIGESIMA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A, (*fig.* 37.) es una garrafa llena de agua, recientemente purgada de ayre, casi hasta las dos terceras partes de su capacidad; la tapo con un corcho, que despues cubro con una capa de cera derretida, mezclada con trementina; por este tapòn meto el extremo del tubo de vidrio B C D, que està retorcido por dos partes opuestas, de las quales la parte C D, assegurada sobre una lámina graduada con pulgadas, y lineas, se sostiene verticalmente sobre un piè. Por el mismo tapòn passa el tubo de un thermometro, parte de cuya bòla ha de estàr metida dentro del agua de la garrafa. Pongo despues esta misma garrafa en un vaso lleno de agua, como la parte C E del tubo; señalo entonces con un hilo K la altura del thermometro, y observo en el barometro la del mercurio, en el punto que empiezo la Experiencia.

Estando todo assi dispuesto, de doce en do-

doce horas ſeñálo la altura del agua en el tubo, mas arriba del punto E; y para quedar aſſegurado de que el ayre tiene ſiempre la miſma denſidad entre el agua del tubo, y la de la garrafa, à cada obſervacion tengo cuidado, primero, de poner el baño del vaſo G H, en ſu primer temple, calentandolo, ò enfriandolo, haſta que el licor del thermometro llégue, y ſe fixe en el hilo K. Segundo, vèo quánto ha ſubido, ò baxado en el barometro; y como una linea de mercurio correſponde à 14 de agua por el peſo, las añado, ò las quito en la parte del tubo C D, para que la preſsion de la Atmoſphèra quede, con poca diferencia, la miſma.

La cantidad de agua, que ſe levanta ſobre el punto E, indica (como ſe vè) el volumen de ayre, que ſe introduce en el agua de la garrafa; y deſpues de la experiencia, ſe puede comparar eſte volumen de ayre al del agua, en donde entra, midiendo con el tubo F, quántas veces excede el agua de la garrafa, à la que ſe ha elevado ſobre el punto E.

EFECTOS.

Procediendo de eſte modo, obſervè pri-

mero, que el agua del tubo se iba levantando continuamente por el tiempo de 7 à 8 dias, sobre el punto E.

Segundo, que el progresso de su ascenso se iba siempre disminuyendo, de suerte que al sexto dia era casi insensible.

Tercero, que la suma de todas las quantidades elevadas era igual, con poca diferencia, à la trigesima parte de la de la garrafa.

EXPLICACIONES.

La masa de agua, que està dentro de la garrafa, es respecto del ayre, que tiene encima, casi lo mismo que un cuerpo esponjoso, que se ha exprimido, y secado, y que se aplica à la superficie de algun licor: los poros, que se han vaciado, (al modo de los tubos capilares) beben el fluido, que se les presenta, y que està ayudado de la presion de la Atmosphèra, que obra en D; pero como el ayre està compuesto de partes ramosas, ò de pequeñas láminas retorcidas, no pueden atenuarse, ni proporcionarse sus globulos à las pequeñas capacidades sinuosas, que ha de llenar, sino poco à poco: la dificultad, que tiene para introducirse en el agua, se aumenta tanto mas, quanto està mas profunda la masa del licor; y por esta razon, sin duda, la penetra tan

len-

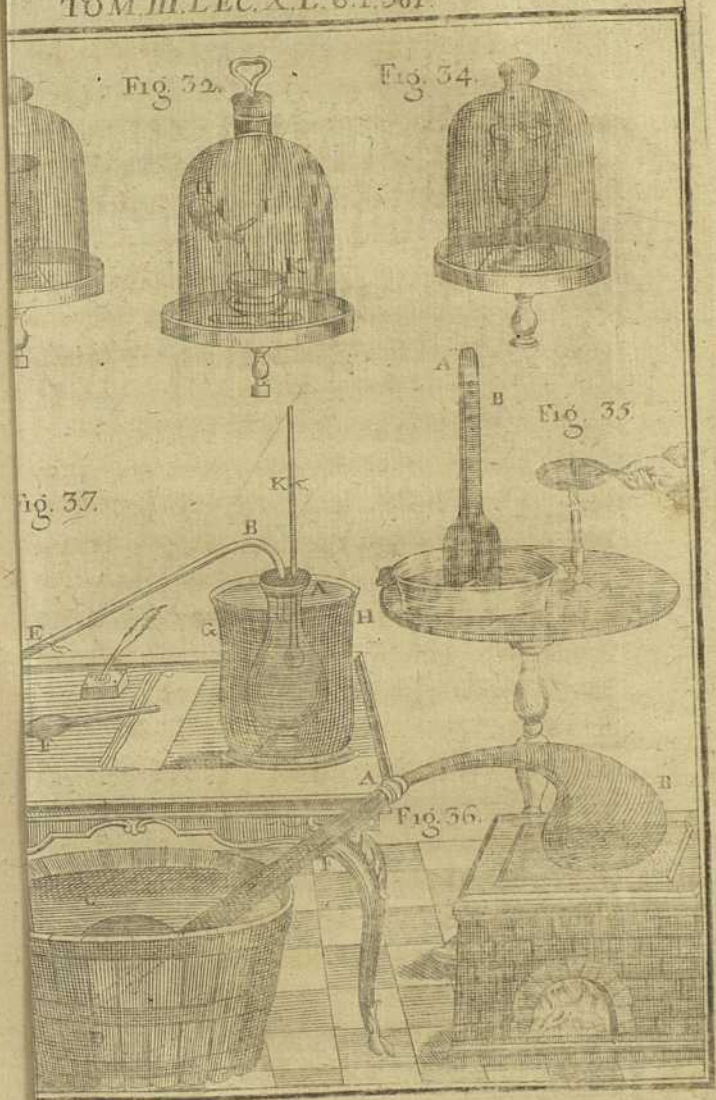


Fig. 32.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 37.
Fig. 36.
A
B
K
H
E
G
I

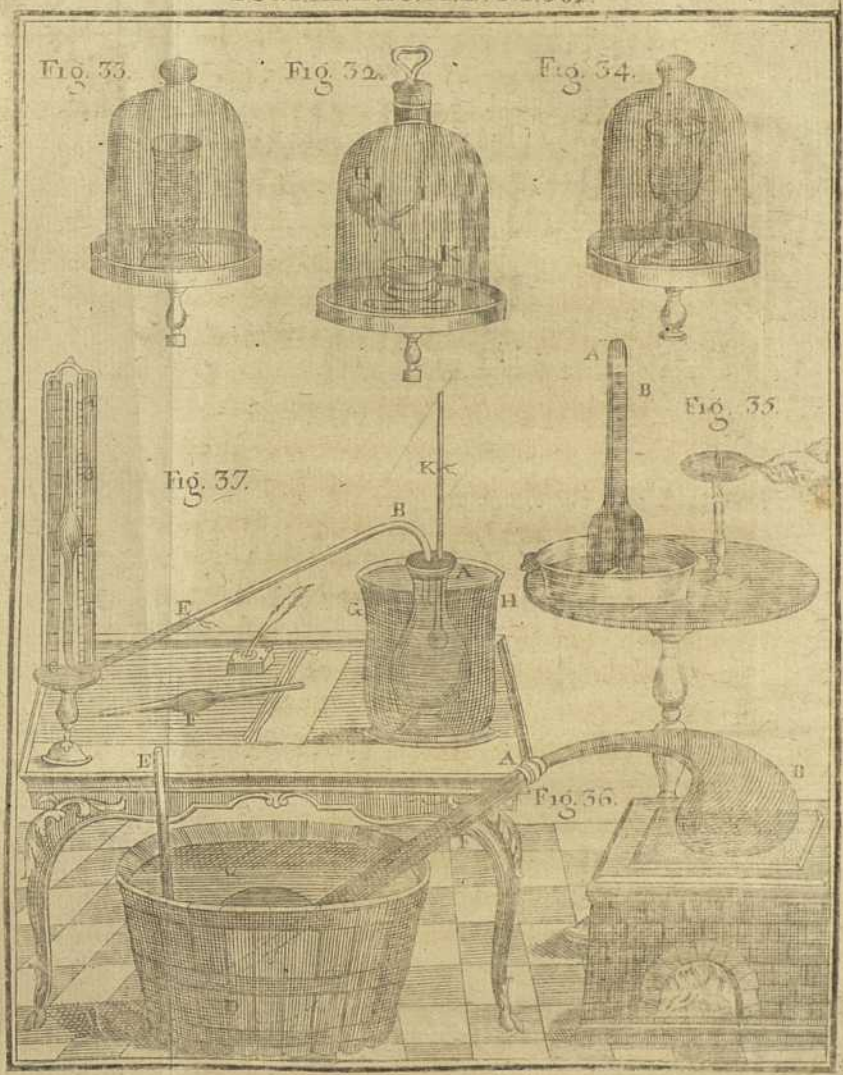


Fig. 33.
Fig. 32.
Fig. 34.
Fig. 35.
Fig. 37.
Fig. 36.
A
B
K
H
G
E
F
D

lentamente, y và ſiempre en diminucion el progreſſo de eſta penetracion.

APLICACIONES.

Por la manipulacion de la experiencia precedente ſe puede conocer poco mas, ò menos el ayre, que ſe ha ſacado de una materia; pues parece veriſimil, que deſpues de un eſpacio de tiempo ſuficiente, el que ha entrado es igual al que ha ſalido; y por conſiguiente ſe podrà juzgar entre muchas eſpecies quál abunda en ayre, quál le cobra prontamente, y por quánto tiempo ſe puede conſiderar ſin ayre.

Quizàs podriamos por eſte medio introducir ciertos olores en las materias fluidas. Pues el ayre, que vuelve à introducirſe, podria ſervir de vehiculo à las particulas odoriferas, de que ſe carga facilimamente, y en muchiſsima cantidad.

Eſtas diferentes conſideraciones abren un campo muy vaſto à nuevas, y curioſas experiencias: yo he intentado yà muchas con buen efecto, de que darè cuenta en otra parte: deſeo, que mi exemplo excite la aficion de los Phyſicos: una miſma materia en diverſas manos facilita por lo comun mayor numero de curioſas noticias.

LEC-

LECCION XI.

PROSIGUEN LAS PROPRIEDADES del Ayre.

SECCION SEGUNDA.

DEL AYRE CONSIDERADO como Atmosphèra terrestre.

LA mayor parte de las materias terrestres contiene mucho ayre entre las particulas, de que se compone, como queda demostrado al fin de la Leccion passada. Al contrario tambien, una masa de ayre se halla siempre mezclada con algunas substancias extrañas; y de ella (como de qualquier otro cuerpo) puede decirse, que jamàs està perfectamente pura; esto es, que encierra siempre en su volumen alguna otra materia distinta de la suya. Quanto se exhala de la tierra, de las aguas, de los animales, y de las plantas, passa immediatamen-

mente à este Elemento, que respiramos, en que vivimos, y que se llama *Atmosphèra*, porque envuelve en sì por todas partes al globo, cuya superficie habitamos. En el *Tom. II. pag.* 89. *y siguientes*, procuramos dàr razon de este efecto, suponiendo que se conocia suficientemente. Y efectivamente, si se pudiesse dudar de èl, bastarìa para convencernos la disipacion de infinitas substancias, que perdemos de vista cada dia, y la opinion fundada, y admitida de todos, que ninguna cosa criada se aniquila. Quando con el fuego se deshace un mixto, vémos que sus partes mas sutiles se levantan en humo, y llama. Un perro, y cavallo muerto se disminuye por horas, hasta desaparecer del todo; pero esto no acontece, sin inficionar las cercanìas con el odor pestifero, que exhalan: efecto sin duda de las particulas, que se desprenden del cadaver. Finalmente nadie ignora, que el licor de un vaso destapado se evaporiza hasta la ultima gota. Con que segun esto, la Atmosphèra terrestre es un fluido mixto, un ayre impregnado de exhalaciones, y vapores. Su estado varìa segun los tiempos, y lugares; porque no en todas partes es igual la cantidad, y qualidades de las partes, que entran en la mezcla.

De

De dos modos puede considerarse la Atmosphèra. Primeramente, como un fluido en quietud, que por todas partes pesa igualmente sobre la tierra; que recibe de ella materias de diversas naturalezas; que las sostiene algun tiempo; que las vuelve à dexar caer; y que nos trahe el calor, y el frio, que puede recibir. Lo segundo, como un fluido agitado, cuyos movimientos pueden recibir diversas modificaciones. Examinando, pues, la Atmosphèra de estos dos modos, verémos en los dos articulos siguientes sus principales propriedades.

ARTICULO PRIMERO.

DE LA ATMOSPHERA considerada como un fluido en quietud.

LA quietud, de que aqui háblo, no ha de entenderse en un sentido absoluto, y al mismo tiempo en toda la Atmosphèra; porque en rigor, las partes que la componen, estàn en un casi continuo movimiento; pues frequentemente se elevan, ò se baxan, y por las variedades del témple se extienden, ò se reducen à menor espacio al-

alternativamente. Fuera de eſtas alteraciones, jamàs reyna en eſte vaſto fluido una calma tan perfecta, que alguna parte no ſe halle ſiempre agitada. Por otra parte la Atmoſphèra es un anexo del globo terreſtre, que (en la hypotheſis Copernicana) ſe mueve con èl en 24 horas ſobre ſu exe comun, y en un año en la miſma orbita al rededor del Sol. Con que quando ſe mira como en quietud, mas es abſtraher de ſus principales movimientos, que atribuìrle eſte eſtado abſoluto.

Jamàs vémos, que llegue à perder ſu fluidèz ninguna parte de la Atmoſphèra: aunque gran parte de quantas la componen ſea apta para la formacion de cuerpos ſólidos. El agua ſe endurece en ella, y cae en menudos trozos de yelo; pero el ayre en que ſe ſoſtiene, jamàs ſe congela con ella. Eſto nace de que las partes áqueas, por muchas que ſean, jamàs baſtan para ſeparar, è interrumpir la contiguidad de las partes proprias de un volumen de ayre de cierta magnitud. Y mientras eſte elemento llega à formar maſa, conſerva ſu reſorte, que (ſegun queda dicho) es al parecer la cauſa principal de ſu fluidèz.

Toda materia perteneciente al globo terreſtre tiene una tendencia natural ácia el centro de la tierra. Con que componiendo-

se la Atmosphèra de ayre, y de un extracto (por decirlo assi) de todos los cuerpos sublunares, cuya pesadèz queda probada en las Lecciones precedentes; no se puede dudar, que pese sobre nosotros, y sobre todo aquello, que, como nosotros, està sumergido en ella. No obstante se ha dudado, ò por mejor decir, no se ha reparado en ello. En otra parte diximos (*Tom. II. Lecc. VII. Secc. II. pag.* 238. y *siguientes*) el modo con que se convencieron los incrédulos, y con que por el conocimiento del peso de la Atmosphèra quedaron mas ilustrados los Physicos sobre varios phenomenos, que de èl resultan.

Este peso es el peso de un fluido: con que deberà crecer, ò disminuir à proporcion de la altura de sus columnas, y de lo ancho de sus bases. En esta proporcion se exercita sin duda dicho peso, como se viò en la Leccion citada, en donde se refiriò el origen del barometro, sus principales usos, y la experiencia que se hizo con èl en varios sitios del Monte de *Puy de Dome* en Arvernia. Voy à hacer una experiencia de la misma especie, mucho mas facil, y que me ofrecerà ocasion de exponer lo que me queda que decir en el assunto.

PRI-

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

ELijase un lugar elevado, y accessible, como una Torre, un Campanario, ù algun otro edificio, cuya altura perpendicular pueda medirse facilmente; y tenganse prevenidos dos barometros semejantes: esto es, que en un mismo lugar estè siempre el mercurio en uno, y otro à igual altura. Déxese uno de ellos al pie de la Torre, quedando alguna persona, que obsérve atentamente, si varìa algo la altura del mercurio; y suba otro con èl à lo alto de la Torre.

EFECTOS.

Primeramente: Conforme se và subiendo à la Torre, se và baxando el mercurio en el barometro, como se dixo hablando de la Experiencia citada de Mr. Perrier en Claramonte.

Lo segundo: Si haviendo baxado el mercurio una linea, se mide la altura, en que se hace esta primera parada, se halla ser de cerca de 12 toesas.

Lo tercero: Si el edificio, ò la disposi-

cion del lugar permite subir à alturas conocidas, y que puedan medirse, se halla, que las paradas siguientes, à cada vez que se observa una linea de descenso en el mercurio, distan siempre entre sì doce toesas, poco mas, ò menos.

Lo quarto: Tambien se nota, que las alturas perpendiculares de todas estas paradas, ò estaciones (cada una de las quales corresponde à una linea de descenso en el mercurio) son tanto menores, quanto es mayor el peso del ayre, durante la experiencia, yà sea por la poca elevacion del sitio, en que se hace, yà por el estado actual de la Atmosphèra.

Lo quinto: Si esta experiencia se repite en sitios, que disten poco, ò medianamente entre sì, y en circunstancias en que sea casi igual la presion de la Atmosphèra, se hallan casi los mismos efectos; pero si las distancias son muy grandes, como de 400, ò 500 leguas, se pueden esperar diferencias muy considerables.

EXPLICACIONES.

Mas altura tiene la Atmosphèra, midiendose desde el pie de una Torre, ò de una Montaña, que desde los sitios en que se han

han hecho las eſtaciones en el camino: por conſiguiente ſu peſo ſerà mayor; y ſi deſde luego puede mantener 27 pulgadas y media de mercurio en los dos barometros, el que ſe lleva à lo alto ſe halla baxo una columna de ayre mas corta, que por conſiguiente ſoſtiene menos mercurio. Eſta diminucion de peſo en la columna de la Atmoſphèra, ſolo puede atribuirſe à la diminucion de ſu tamaño; porque el barometro de comparacion, que quedò en el ſitio mas baxo, para las obſervaciones, y que ſoſtiene una columna entera, yà varìe, ò no ſu altura en el tiempo de la experiencia, ſe encuentra ſiempre mas alto que el otro, y ſegun las proporciones notadas en las reſultas de arriba.

Por la ſegunda, y tercera reſulta ſe vè, que cada linea de deſcenſo en el mercurio correſponde con corta diferencia à 12 toeſas de altura perpendicular en la Atmoſphèra; eſta correſpondencia nos dà el ayre mas peſado de lo que lo eſtimamos en la Leccion precedente; pues diximos, que ſu denſidad, ò peſo eſpecifico es à la del agua poco mas, ò menos, como 1 à 900; y como el mercurio peſa 14 veces tanto, como el agua, ſe ſigue, que una linea de mercurio equivale à 14 veces 900 lineas de ayre, cuya ſuma

de

de 12600, hace 15 toesas, 4 pies, 6 pulgadas, y 8 lineas, en vez de 12 toesas, de que acabamos de hacer mencion en las resultas precedentes.

Pero se debe observar tambien, que de todos los que se han aplicado à esta averiguacion con experiencias hechas con cuidado en diversos tiempos, y en diversos lugares; muy pocos se hallan, que convengan en la misma correspondencia, ò proporcion. Mr. Casini despues de haver llevado el barometro à la Montaña de nuestra Señora de la Guardia, cerca de Tolòn, valúa en 10 toesas, y 5 pies la altura del ayre, que sostiene una linea de mercurio. Mr. de la Hire (el padre) la hallò de 12 toesas, en las pruebas, que hizo sobre el Monte Clairet, en las cercanìas de la misma Ciudad; este mismo Academico la juzgò de 12 toesas, y 4 pies en Meudòn, y de 12 toesas, 2 pies, y 8 pulgadas en Parìs. Segun las observaciones de Mr. Picart, hechas en el Monte de San Miguèl, una linea de diferencia en la altura del barometro, corresponde à 14 toesas, 1 pie, y 4 pulgadas de ayre. En fin Mr. Valerio (*) Sábio Sueco, que reiterò es-

(*) Hist. de la Acad. de las Cienc. 1712. pag. 3. y siguientes.

eſtas experiencias en ſu Paìs, deſpues de haver obſervado las diverſas alturas de un barometro, que baxò al principio à una mina muy profunda, y que deſpues llevò à la cima de una montaña vecina, contò por cada linea de mercurio 10 toeſas, un pie, y 4 lineas de altura en la Atmoſphèra. Mr. de la Hire, (*) (el hijo) atribuye todas eſtas diferencias à dos principales cauſas: La primera à varias porciones de vapores, que pueden reynar en ciertas partes de la Atmoſphèra, y que aumentan por algun tiempo ſu peſo; lo qual parece muy veriſimil. La ſegunda à la ſituacion de los lugares, en que ſe hacen eſtas experiencias, ò al mayor, ò menor peſo actual de la Atmoſphèra; y en efecto ſe vè por la quarta reſulta, que la porcion de una columna de ayre, que correſponde à una linea de mercurio, es tanto mayor, ò menor, quanto eſte ayre es mas, ò menos denſo; y la denſidad, ò el peſo de un fluido crece à proporcion, que eſtà mas cargado, yà ſea por ſu propria materia amontonada, ò yà por las partes extrañas, que ſe le mezclan.

Se puede añadir tambien por tercera ra-

(*) Mem. de la Academ. de las Cienc. an. 1712. pag. 114.

razon (y tal vez serà esta la mas fuerte) puedese, digo, añadir, que es dificultosissimo calcular exactamente cada linea de descenso del mercurio en el barometro; sin embargo los yerros mas pequeños en esta estimacion son de grande consequencia, quando se quiere juzgar con exactitud de la altura de una columna de ayre correspondiente. Porque puesto que el mercurio no baxa mas de una linea por una diminucion de 12 toesas en la columna de ayre, facilmente puede haver engaño de algunas toesas en ésta: basta para ello, que haya la equivocacion de $\frac{1}{12}$ de linea en la observacion del barometro. Los que conocen bien este instrumento convendràn sin dificultad, en que el observador mas atento puede muy bien cometer faltas semejantes, no solo por causa de algun defecto de movilidad, que puede impedir al mercurio volverse à poner en un perfecto equilibrio con la Atmosphèra, despues de sus baybenes, sino tambien por causa de la convexidad de su superficie, y de las pequeñas refracciones ocasionadas del espesor del vidrio, y que pueden engañar la vista.

Puesto que la Atmosphèra es un fluido compressible, no se puede suponer, que su densidad sea uniforme; al contrario debe juz-

juzgarse, que las copas superiores, haciendo peso sobre las inferiores, estrechan, y condensan mas, y mas sus partes; y consiguientemente à este principio, las diferentes estaciones, donde se observa al subir una linea de descenso en el mercurio del barometro, se deben siempre hallar mas, y mas distantes entre sì. Esto es lo que en efecto se observa: pero hasta à una altura de 1000, ò 1200 toesas sobre el nivèl del mar, son poco considerables las diferencias; quizàs porque la grande cantidad de vapores espesos, de que està cargado el ayre en esta baxa region, y el gran peso, que la comprime, hacen casi uniforme su densidad. MM. Casini, y Maraldi, despues de muchas experiencias hechas en diversas montañas, cuyas alturas havian medido geometricamente, juzgaron, que las porciones rebaxadas à una columna de la Atmosphèra por muchas lineas de descenso del mercurio en el barometro, crecen segun esta progresion; es à saber, que si la primera linea del mercurio corresponde à 61 pies de ayre, para la segunda son 62, para la tercera 63, y assi de las demàs. Pero han juzgado con razon, que esta proporcion no continúa mas allà de media legua sobre el nivèl del mar; porque estando entonces mas puro el ayre, su elasti-

cidad està mas libre, y sus diferentes grados de densidad yà casi no dependen sino de la compresion de las capas superiores.

APLICACIONES.

Si se ha pesado la columna del mercurio de un barometro, cuyo cañòn sea perfectamente cilindrico, se sabe al punto quál es el peso de la columna total de la Atmosphèra, que la mantiene en equilibrio; y la area del circulo, que forma su base, es un espacio conocido, que se puede multiplicar las veces que se quisiere, para saber quál es la presion de la Atmosphèra, sobre un espacio señalado en la superficie de la tierra. Un exemplo harà esto mas inteligible.

Supongamos, que el tubo del barometro tenga tres lineas de diametro interiormente, y que el mercurio, que contiene, pese una libra; esto me enseña, que en el mismo lugar donde està el barometro, todo espacio circular, que tenga tres lineas de diametro, como la abertura del cañòn, està cargado de una columna de ayre, que pesa una libra; y esta presion se hace del mismo modo contra una puerta, que sobre una mesa; por ser el peso de un fluido, que obra en toda suerte de direcciones, como yà lo he-

hemos enseñado en la Hydrostatica.

Supongamos ahora, que se quisiesse saber quánto pesa la Atmosphèra sobre un espacio circular de un diámetro tres veces mayor, que el precedente; este ultimo espacio es nueve veces de mas extension, que el primero; porque los circulos son entre sì, como los quadrados de sus diámetros, y el quadrado de tres es nueve. Discurrirè assi: pues una columna de la Atmosphèra, cuya base tiene tres lineas de diámetro, pesa una libra; otra columna, que estrive en un espacio nueve veces mayor, pesa nueve libras: y assi se podrà conocer quál es la presion de la Atmosphèra sobre qualquier espacio, cuya extension se conozca.

Algunos curiosos fundados en este principio han querido averiguar el peso de toda la Atmosphèra; pero lo que acerca de esto han podido llegar à conocer, se funda en hypothesis, de las quales, unas por visiblemente fallas, otras por muy inciertas, han hecho casi inutiles sus laboriosos cálculos. Y en efecto, què conocimiento se puede sacar de un trabajo semejante? Si se ignora quál es en rigor la extension de la superficie de la tierra; si se omite el cuidado con la altura de sus desigualdades; si se considera la Atmosphèra, como un fluido de una den-

sidad uniforme en todas sus partes semejantes; y si no se atiende à los efectos de la fuerza centrifuga, que (en la hypothesis Copernicana) resulta del movimiento de la tierra sobre su exe, &c. bien se vè lo dificil que serìa tomar con exactitud todos estos elementos; però siendo esta question por fortuna una mera curiosidad, la solucion de ella con que nos pudieramos lisongear, no merece el trabajo que pide.

Se harà del barometro una aplicacion mas felìz, y mas útil, sirviendose de èl para medir la altura de los montes; pues arreglandonos à las experiencias hechas por MM. Casini, Maraldi, y Chaselles, en Arvernia, en Lenguadòc, y en el Rosellòn, (*) parece que desde el nivèl del mar hasta una media legua de altura, se pueden contar cerca de diez toesas de elevacion, por cada linea de descenso del mercurio, añadiendo un pie à las diez primeras, dos à las segundas, tres à las terceras, y asi de las demàs.

Bien se vè, que para poner este medio en execucion, es preciso saber, què altura tiene el mercurio en la orilla del mar en el tiempo en que se hace la operacion; y esto se pue-

(*) *Mem. de l' Acad. des Scient.* 1703. *pag.* 229. *& suiv.*

puede ſaber facilmente por un barometro de comparacion, que en ella ſe dexa con un atento obſervador. No es neceſſario tampoco, que eſte barometro, y eſte obſervador eſtèn à orillas del mar; baſta, que ſe haga la obſervacion en un lugar, cuya elevacion ſobre el nivèl del mar ſe conozca de antemano; y eſto no es dificil de encontrar ahora en caſi todos los Eſtados. La Sala del Obſervatorio Real de Parìs, por exemplo, donde continuamente ſe hacen las experiencias del barometro, y de las quales ſe hace todos los años una minuta, eſtà 45 toeſas elevada ſobre el Mar Mediterraneo, y 46 ſobre el Oceano; y por eſta razon, el mercurio eſtà ſiempre 4 lineas mas baxo de lo que ſe obſerva en las orillas de eſtos dos mares.

Supongo, pues, que ſe haya llevado un barometro à la cima de una montaña, cuya altura no ſe conozca; ſi alli ſe vè el mercurio diez lineas mas baxo del termino en que eſtarìa en la orilla del mar, contando deſde luego à 10 toeſas por cada linea de mercurio, ſeràn 100 toeſas; à las quales, añadiendo un pie por las diez primeras, dos pies por las ſegundas, tres pies por las terceras, y aſsi de las otras, haſta las diez ultimas *incluſivè*, compondràn 55 pies, que hacen nueve toeſas, y un pie; y aſsi ſe conta-

taràn 109 toesas, y un pie por la altura de la montaña sobre el nivèl del mar.

Es verdad, que con este metodo no salen las medidas muy exactas, y que sirviendose de èl, no se puede contar, sino sobre un *poco mas*, ò *menos*: Primeramente, porque haviendo variado en sus resultas las experiencias, en que se funda, no determinan con precision la altura, que corresponde à una linea de mercurio; en segundo lugar, porque es dificultosissimo juzgar con toda la exactitud, que serìa necessaria, quánto ha baxado el barometro al llegar à lo mas alto de la montaña; y en fin, porque durante la operacion puede suceder alguna variacion en la parte de la Atmosphèra, que cubre el lugar donde se executa. Pero quántas ocasiones hay, en que no se pueden emplear las medidas geometricas, y en que puede uno contentarse con conocer estas alturas sobre diez, ò doce toesas de diferencia?

Una de las miras, que se pueden tener tambien usando del barometro, serà conocer la extension de la Atmosphèra, determinando la altura de la columna de ayre, que sostiene la de mercurio, cuyo peso se mira, como hemos dicho arriba. Parece, que serìa facil conseguirlo, si el ayre de la Atmosphèra, como el agua, y como qualquie-

quiera otro licor, fuesse por todas partes de igual densidad; pues suponiendo, que una linea de mercurio corresponde siempre à diez toesas de esta columna, deberìa tener tantas veces diez toesas, quantas lineas se cuentan en 28 pulgadas, altura mediana del barometro en el nivèl del mar: hay, pues, en 28 pulgadas 336 lineas: esto darìa 3360 toesas por la altura totál de la Atmosphèra. Pero el fluido de que tratamos es una materia compresible; y por esta razon, las partes semejantes de esta columna no deben pesar igualmente unas sobre otras; ò (es lo mismo) todas estas porciones deben ser desiguales en tamaño, para ser del mismo peso; las mas baxas seràn mas cortas, que las de encima.

Sin embargo, no impedirìa esta dificultad, que se consiguiesse con este metodo calcular la altura de la Atmosphèra, como se supiesse cabalmente en què progresion se enrarece el ayre, al passo que se disminuye su masa, y que se halla menos cargado de su proprio peso: y si supiessemos con certeza, por exemplo, que su densidad se aumenta, y disminuye, como los pesos, que la comprimen, y que esta regla establecida por Mr. Mariotte, se puede seguir en toda especie de alturas. Pero lexos de poder contar sobre esta suposicion, se sabe por un numero suficien-

ciente de obſervaciones, y de experiencias, que el ayre no ſe rarifica, ni ſe comprime aſsi, ſino en una mediana denſidad; y que en los caſos extremos ſigue otra progreſsion, que no ſe conoce baſtantemente, y que ſea como fuere, debe variar ſegun ciertas circunſtancias.

La mayor, ò menor cantidad de calor, ò de pureza en una region, à que no pueden extenderſe nueſtras obſervaciones, es baſtante para cauſar muy grandes variaciones en el peſo de la Atmoſphèra, y en ſu altura: no ſe puede ſin incertidumbre juzgar de la una por la otra (quiero decir de la altura por el peſo) quando ſe ignora el eſtado actual del ayre en toda ſu extenſion.

Un cuerpo elaſtico, que ſe comprime fuertemente con cierto numero de peſos iguales, quando ſe llega à deſcargar poco à poco, ſe extiende por cantidades, que vàn ſiempre en aumento, y que al principio ſiguen una progreſsion harto regular; pero al fin, quando ſe quitan los ultimos peſos, ſigue la extenſion, ò expanſion otras proporciones mas conſiderables. Como el ayre es un fluido elaſtico, ſe debe preſumir, que en las regiones altas, donde eſtà mucho menos cargado de ſu proprio peſo, que en las demàs partes, en donde podemos hacer experien-

riencias, ſe extiende tambien mucho mas: lo que debe dàr à la Atmoſphèra mayor altura de la que tendria, ſi huvieſſemos de juzgar por las cantidades, que aqui abaxo correſponden à una linea de deſcenſo del mercurio en el barometro.

Fuera de eſto, ſe debe atender, à que à una mayor diſtancia del centro de la tierra ſe diſminuye el peſo, y la fuerza céntrifuga ſe aumenta: eſtas dos cauſas tambien concurren à diſminuir el peſo del ayre, y à facilitar ſu rarefaccion en la parte mas alta de la Atmoſphèra. De eſtas diferentes conſideraciones, y de las experiencias hechas con el barometro, ſe ſigue, que nueſtra Atmoſphèra no puede tener menos de 6 leguas de extenſion en alto: ſigueſe aſsimiſmo, (y eſta es la opinion comun) que eſta miſma altura puede ſer de 15, ò 20 leguas. Notable diferencia! quán poco inſtruìdos nos hallamos aún ſobre eſta queſtion!

Movido Mr. de la Hire de eſta incertidumbre, y deſeando una ſolucion menos vaga, ſe propuſo conocer la altura de la Atmoſphèra, uſando de un methodo indicado por Keplero; pero que èl perfeccionò, y ſupo emplear con mas felicidad que dicho Aſtronomo. Lo que ſe llama *crepuſculo*, aquella luz digo, que dà principio al

dia, antes que ſalga el Sol, y que lo hace durar algun tiempo deſpues de que ſe ha pueſto eſte Aſtro, es un efecto de la reflexion que produce la Atmoſphèra en los rayos del Sol, que ſin ella paſſarian por encima de eſta parte de la tierra que habitamos, y no la alumbrarian: eſta luz reflexa, que ſe percibe ſenſiblemente en el clima de Parìs, quando el Sol no eſtà mas que 18 grados debaxo del horizonte, empezarìa mas tarde por la mañana, y ſe acabarìa mas preſto por la tarde, ſi tuvieſſe la Atmoſphèra menos extenſion, porque entonces los rayos de la luz podrian partir de un punto mas elevado ácia el horizonte, ſin encontrar eſta maſa fluida, que los vuelve à embiar à la tierra. Luego hay una proporcion neceſſaria entre la duracion de los crepuſculos, y la elevacion de la Atmoſphèra; y como ſe conoce la primera, ò es facil de conocerſe en todas las poſiciones de la Eſphèra, ſe vè, que generalmente puede conducir para deſcubrir la otra. En fin, Mr. de la Hire, y Mr. Halley, uſando de eſte méthodo con una deſtreza, y precauciones, cuya particularidad es preciſo vèr en ſus proprias Obras, (a) han concluìdo con baſtante ve-

(a) Mem. de la Acad. de las Cienc. 1713. p. 54.

verisimilitud, que la altura de la Atmosphèra es de 15, ò 16 leguas: digo *con bastante verisimilitud*, y no con certidumbre, porque su doctrina se funda tambien en algunas hypothesis, que podrian quizàs no conformarse exactamente con la naturaleza.

Si se conociesse bien la altura de la Atmosphèra de cada clima, se sabrìa quál es la figura de toda su masa; porque una série de columnas puestas desde el Equador hasta los Polos en un mismo plano, formarìa por sus extremidades una curva, de que resultarìa la resolucion del problema. Pero como aún quedan dudas sobre la primera de estas dos questiones, queda la segunda tambien indecisa, à lo menos para aquellos, que no quieren rendirse, sino à razones enteramente evidentes.

De las observaciones de M. Richer en la Cayena, y de las que casi por aquel tiempo se hicieron con el barometro en diferentes climas, se conjeturò, que la altura de la Atmosphèra se iba aumentando mas, y mas, desde el Equador hasta los Polos, porque el mercurio se mantiene mas alto en los Paìses Septentrionales, que en la linea Equinoccial, y sus cercanìas. Segun esta conjetura, la Atmosphèra formarìa con

la tierra, que abraza, una eſpheroide prolongada ácia los Polos, y ſu grueſſo ſerìa menor en el Equador, que en las demàs partes.

Pero ſin ir contra las obſervaciones del barometro, que no han variado deſde entonces, y que aun ultimamente ſe han reiterado con toda la exactitud poſsible; nó ſe podria conjeturar de un modo totalmente diverſo acerca de la figura exterior de la Atmoſphèra? Al juzgar de ſu altura, por ſus diferentes grados de preſsion, ſe ha podido omitir el cuidado de atender à la fuerza centrífuga, que reſulta del movimiento de la tierra (ſegun la hypotheſis de Copernico) ſobre ſu exe, y que es comun, ſin duda, al ayre, que la rodèa. Semejante conſideracion ha hecho penſar, que las partes de nueſtro globo, para eſtàr entre sì en equilibrio, debian haverſe coordinado en la forma de una eſpheroide mas elevada ácia el Equador, que ácia los Polos, como en otra parte lo hemos yà explicado. (a) No ſe puede decir lo miſmo, y con mas razon tambien de un fluido, por ſu naturaleza mas diſpueſto à ſujetarſe à las leyes de la Eſtática, y à las de las fuerzas centrales? Luego es

(a) *Tom. II. Lec. VI. Secc. I. pag.* 120.

es muy congruente, que el ayre estè mas elevado entre los dos trópicos, que en qualquiera otro sitio; porque esta parte de la Atmosphèra se vuelve con mas aceleracion, y la fuerza centrífuga obra alli mas fuerte, y directamente contra la gravedad.

Tambien se puede añadir, que debaxo de la Zona Torrida, en donde reyna un calor mayor, y mas continuo, à lo menos ácia la superficie de la tierra, debe estàr el ayre mas rarificado, y por consiguiente debe aumentarse la longitud de las columnas para estàr en equilibrio con las de otro clima. Si el mercurio del barometro se mantiene alli mas baxo que en el Norte, no se puede dudar, que el ayre no sea menos pesado; pero esta menor gravedad proviene acaso de que las columnas sean menos altas; ò debemos atenernos à las causas, que llevamos expuestas? La ultima opinion me parece mas verisimil.

*** *** *** ***
*** *** ***
*** ***
***

SE-

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE mezclarà un poco de yelo machacado, ò nieve con un poco de sal en un vaso de vidrio, ò de metal muy delgado, y que estè bien enjuto por defuera, y se tenga como un quarto de hora en un lugar fresco.

EFECTOS.

Todo el vaso se cubre poco à poco por defuera de una escarcha, ò yelo blanco, muy semejante à la que se vè por las mañanas sobre los texados, y en la superficie de la tierra à fines del Otoño, y principios del Invierno.

EXPLICACIONES.

La mezcla de yelo, y de la sal enfria mucho las paredes del vaso, que la contiene: este frio condensa al punto el ayre exterior mas cercano; y las particulas de agua, de que este ayre està cargado, condensadas tambien por la misma causa, se pegan, y

se

ſe yelan contra el vaſo; à la primera capa ſe junta otra, à eſta ſegunda la tercera, &c. lo que es cauſa de que eſta congelacion exterior ſe eſpeſe mas, ò menos, ſegun la duracion de la intenſion del frio artificial, que la cauſa.

Si uno ſe inclinaſſe à creer, que eſte efecto no es mas que una tranſpiracion de lo que eſtà en el vaſo, ſe deſengañarìa preſto de eſte yerro, guſtando la eſcarcha exterior; pues la hallarìa inſipida, y bien diferente de lo que debiera ſer, ſi ſe formaſſe de agua ſalada.

Para deſtruir enteramente eſta preocupacion, antes de enfriar mi vaſo con la mezcla de agua, y yelo, lo pongo dentro de otro vaſo de vidrio, è impìdo, que el ayre exterior pueda entrar en el corto intervalo, que hay entre éſte, y el otro; y entonces, ſea la que ſe fuere la frialdad, no percibo congelacion alguna al rededor del vaſo encerrado: luego la que ſe vè en èl, quando no lo eſtà, no puede atribuirſe ſino à la humedad del ayre exterior.

* * *

TER-

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 1. representa un balòn de vidrio bien transparente, de 9 à 10 pulgadas de diámetro, que jamàs haya tenido algun licor; està unido con el mayor recipiente de la Máquina Pneumatica, por medio de un canal con una llave, de suerte que se puede abrir, y cerrar la comunicacion entre los dos vasos: la llave està abierta de tal suerte, que quando el recipiente, y el balòn no se comunican, ésta comunica con el ayre exterior: estando, pues, el canal cerrado, se saca el ayre del recipiente, y luego se abre la comunicacion entre èl, y el balòn.

EFECTOS.

Si el balòn se pone entre la luz, y la vista del que mira, se percibe en èl un vapor ligero, que gyra, y se precipita à la parte inferior del vaso: si entra nuevo ayre en el balòn, y se vuelve à abrir la comunicacion, luego se vuelve à vèr el vapor; y este efecto se advierte siempre que se abre

la

la llave, con tal que el ayre eſtè tambien ſuficientemente rarificado en el recipiente.

EXPLICACIONES.

Siempre que ſe abre la comunicacion entre los dos vaſos, uno ſin ayre, y otro lleno, el fluido ſe divide, y ſe reparte entre los dos, ſiguiendo la proporcion que tienen entre sì, como ſe dixo hablando del exercicio de la Máquina Pneumatica. Por eſſo ſe enrarece mucho el ayre de la experiencia precedente, luego que el balòn tiene comunicacion con el recipiente, en que eſtaba enrarecido de antemano; pero como la naturaleza de los corpuſculos extraños, de quienes eſtà cargada la maſa de ayre, no es tal, que tire à extenderſe como ella, (la maſa) ſe quedan ſolos, abandonados à ſu proprio peſo, y al movimiento del ayre, que por todas partes tira al canal de comunicacion. De aqui nace, que quedan dando vueltas por todas partes en forma de vapor.

El miſmo efecto ſe percibe ſiempre poco mas, ò menos en todo recipiente, donde ſe empieza à formar el vacuo; y yo pudiera haverme contentado con acordar un efecto tan familiar à los que uſan de la Máquina Pneumatica, para probar que el ayre

siempre està mezclado con materias extrañas; pero se me pudiera haver opuesto, que este vapor, que es aqui el fundamento de mi prueba, no proviene sino de la humedad del cuero mojado, que cubre la platina, y sobre el qual se pone el vaso: desvanezco esta sospecha, haciendola vèr en un balòn muy limpio, y en el qual no entra otra cosa, que el ayre, que immediatamente viene de la Atmosphèra: quien no quisiere dàrse por satisfecho de esta razon, hallarà aún otras muchas en un Escrito, (a) donde expressamente he tratado de esta materia.

Podriase preguntar, por què razon, no siendo visibles en el ayre de la Atmosphèra los corpusculos, que forman el vapor, de que tratamos, lo son luego que se rarifica este fluido.

Es cosa muy verisimil, que luego que estos pequeños cuerpos dexan de estàr sostenidos, caen unos sobre otros, y se unen formando masas mas grosseras, y por consiguiente mas proporcionadas para dexarse vèr.

Fuera de que, el que la transparencia de

(a) Memor. de la Academ. de las Cienc. 1740. pag. 243.

de los cuerpos ſe diſminuya al paſſo que ſus partes ſe condenſan mas, es un hecho, que examinarémos quando tratèmos de la Optica: quando la maſa fluida, que llena el balòn, ſe rarifica, ſolo ſe diſminuye la denſidad del ayre: la de las demàs materias, que eſtàn con èl mezcladas, por el contrario ſe aumenta, y eſte doble efecto cauſa aquella corta opacidad, que ſe percibe, y que no dexa de deſvanecerſe, luego que una rarefaccion ſuficiente dà lugar à que ſe purifique el ayre, deſprendiendoſe enteramente de lo que tenia de extraño.

APLICACIONES.

Se diſtinguen comunmente en dos claſſes todas las materias, que ſe levantan de la ſuperficie de la tierra à la Atmoſphèra: la una comprehende baxo el nombre de *vapores* todo lo que tiene algo de la naturaleza del agua: en la otra ſe colocan todas las partes ſalitroſas, ſulfureas, craſſas, y eſpiritoſas, y eſto es lo que llaman *exhalaciones*.

Todas eſtas ſubſtancias, aſsi las que ſe exhalan, como las que ſe evaporan, eſtando diferentemente mezcladas, ò modificadas, toman formas, y producen efectos,

que varìan mucho, y que se conocen baxo el nombre de *Meteoros*. Se pueden distinguir tres especies; es à saber, los que producen los vapores solos, y que se llaman *Meteoros aqueos*, como la niebla, las nubes, la lluvia, el granizo, la escarcha, &c: los que nacen de unas exhalaciones, que se encienden, y que se llaman *Meteoros inflamados*: tales son los rayos, los relampagos, y los fuegos fatuos, &c. y aquellos, que resultan de los vapores, y de las exhalaciones combinadas con la luz, y que se pueden llamar *Meteoros luminosos*, como el Arco Iris, las Parhelias, &c.

Para no hacer una digresion demasiado larga, me contentarè con recorrer aqui los meteoros de la primera especie; y hablarè de los demàs en las Lecciones, en que tráte del Fuego, y de la Luz.

Durante el dia, los rayos del Sol calientan al mismo tiempo la tierra, y el ayre, que la rodèa: luego que se ha puesto este Astro, el calor, que ha causado, mengua poco à poco; pero se conserva por mas tiempo en los cuerpos, que tienen mas materia; de suerte, que de noche la tierra, y las aguas estàn comunmente mas calientes que el ayre de la Atmosphèra. Entonces la materia del fuego, que tira à espar-

cir-

cirſe ſiempre uniformemente al modo que los demàs fluidos, paſſa de la tierra al ayre, y lleva conſigo las partes mas ſutiles de los cuerpos terreſtres, que ſepara, y anìma con ſu movimiento. Juntandoſe eſta cauſa particular à las que diximos, (a) hablando de la elevacion de los vapores en general, hace, que la parte de Atmoſphèra mas cercana à la tierra, reciba mayor cantidad de eſtas partes evaporadas: de aqui nace aquella humedad, que ſenſiblemente ſe percibe en la ropa, quando nos paſſeamos por el campo en las tardes freſcas de la Primavera, y del Otoño, y que ſe llama el *ſereno.* Eſta eſpecie de vapores ſe pega mas prontamente, y en mayor cantidad à los tafetanes, y à las telas finas, que à las eſtofas grueſſas; porque tomando éſtas mas lentamente que las otras el temple del ayre, que ſe enfria; el fuego, que continùa exhalandoſe de ellas, ſe lleva conſigo las particulas de agua, que ſe preſentan à ſu ſuperficie.

El ſereno dura toda la noche en las eſtaciones, y climas, en que la tierra ſe calienta ſuficientemente entre dia. Al nacer el Sol vuelve à nacer el calor en la Atmoſphèra;

(a) *Tom.II. pag. 89. y ſig.*

ra; y dilatandose el ayre, se deshace de ordinario de estos vapores demasiado sutiles, tal vez para llenar sus poros; ò bien siguen à la materia del fuego, à la qual estàn aún unidos, y que vuelve entonces à la tierra. Los vapores, que vuelven à caer en esta forma, se llaman *Rocìo*: son mas abundantes en el campo, que en la Ciudad, y en los campos cubiertos de arboles, y plantas, que en los lugares áridos; porque caen à proporcion de los que se han elevado.

Sin embargo, no se ha de confundir este rocìo, que cae del ayre, con el que se halla por la mañana sobre las plantas. Aquellas gotas, que se vèn en sus tallos, y en sus hojas, son efectos de la transpiracion; y facilmente se puede uno satisfacer, cubriendo una col, ò un troncho de lechuga, durante la noche, pues por la mañana se les hallarà el mismo rocìo, que se suele vèr en ellas quando quedan descubiertas del todo. Las particulas de agua, que forman estas gotas, vienen como las demàs de la tierra, y por la misma causa se elevan; pero en vez de salir immediatamente como por todas las demàs partes, toman su curso por los tallos, las ramas, y las hojas: su movimiento se amortigua, y se quedan muchas de ellas juntas à la boca de

los

los canalitos, por donde transpiran.

Los Empyricos, y Alchymistas han atribuìdo grandes virtudes al rocìo; pero parece, que todas las maravillas que de èl predican, no tienen mas realidad, que una infinidad de quimeras, de que acostumbran llenar su imaginacion, y la credulidad de los ignorantes.

Muchos Autores han dicho con mas fundamento, y verisimilitud, que el rocìo puede dañar à los animales, que se llevan à pacer muy de mañana, y que puede disminuìr la fecundidad de las tierras, quando es muy abundante; pues aunque este vapor no sea por la mayor parte sino agua, no se puede negar, que trahe consigo otras substancias, que varìan, yà por la cantidad, yà por la calidad, segun los lugares, segun los grados de calor, y segun las plantas de donde transpira. Lo que prueba bien, que el rocìo no es agua pura, es que se corrompe, y hace posso, quando se guarda en botellas. Se pueden atribuir tambien al rocìo, ò al sereno, que cae, aquellas capas sutiles de materias crassas, y sulphureas, que se notan por sus colores de Iris en la superficie de las aguas estancadas, despues de muchos dias de un tiempo sereno, en el qual no se vè baxar del Cielo ninguna otra

co-

cosa, que pueda causar este efecto.

Hay tambien casos, en que la parte aquosa del rocìo no es la mas abundante: entonces lo que se transpira de la planta, ò del arbol es un jugo, que se espesa à proporcion que se evapora la humedad: tales son ciertas gomas, y algunas especies de manà, de que se sirve la Medicina.

Puesto que el rocìo es un vapor, que contiene una extraccion de las materias minerales, ò vegetables, de donde sale; no es dudable, que puede tener buenas, ò malas qualidades, segun la naturaleza de los principios, de que està cargado. Pero como en diferentes lugares nacen diferentes plantas; como la naturaleza varìa tambien en ellos sus demàs producciones; y como el calor, que anìma las exhalaciones, no es siempre, ni en todas partes igual, se debe presumir, que el rocìo, y el sereno mudan qualidades, segun los tiempos, y los lugares; y que los efectos, de que uno, y otro serìa capàz en tal estacion, ò clima; no tendrian lugar en otro parage, ò en otro tiempo. En Roma, y en sus cercanìas, por exemplo, se dice, que es dañoso tomar el fresco por la noche: en Parìs se puede hacer sin inconveniente: esto nace, de que aqui el sereno casi no es otra cosa, que un poco

de

de humedad, quando en Italia, por el contrario este vapor verisimilmente està cargado de exhalaciones dañosas, que participan de la naturaleza del terreno, y cuya cantidad corresponde al calor grande del clima; y asi no se puede decidir nada en general en este punto.

A fines de Otoño, quando empiezan las noches à alargarse, tiene la tierra mas tiempo para enfriarse; y muy frequentemente su superficie, y los cuerpos, que de ella estàn rodeados, estàn bastantemente frios, para elar las partículas de agua, de que el rocìo, que cae, suele cubrirlas; entonces en vez de la humedad se percibe en el prado, en los texados, &c. una tèz de carámbanos muy menudos, que se llama *Escarcha*, y que no dexa de derretirse, y dissiparse, luego que el Sol empieza à calentar.

El rocìo, ò escarcha derretida se dissipa de dos modos; se introduce de nuevo en las tierras áridas, y en los cuerpos porosos, que tienen mas disposicion, que el ayre de la Atmosphèra para embeberle; pero con mas frequencia se levanta de nuevo, yà porque una mediana rarefaccion pone à la Atmosphèra en disposicion de atraherlo, ò yà porque un viento suave trahe alli un ayre mas seco que aquel, en que se hallaba.

Muchas veces, quando se eleva el rocìo, disminuye la transparencia de la Atmosphèra; porque en tal caso las partes de este vapor son mucho mas gruessas, y se elevan mas lentamente. Estas dos causas, que nacen una de otra, deben precisamente poner el ayre opáco: primero, porque un cuerpo es tanto mas transparente, quanto menos densas son sus partes, como lo probarèmos en adelante. Segundo, porque el vapor que sube mas despacio, se extiende menos, y queda mas denso.

Pero esta opacidad, de donde nace el rocìo, que se eleva, no coge casi nunca una gran parte de la Atmosphèra; se acantóna, por decirlo assi, y se hace mas fuerte en los lugares baxos, y humedos, y sobre los prados, que en los demàs parages; porque, como yà lo hemos dicho, el rocìo baxa à proporcion del que ha subido; y si el tiempo es sereno, debe ser mas abundante por la mañana, en los sitios de donde sale mayor cantidad por la noche. Por esta razon, sin duda, no se vè en las Ciudades, y en los lugares secos la Atmosphèra obscurecida con el rocìo, que sube; pero con mucha mas frequencia se vè assi al rededor de los rios, de los estanques, y de los yervazales.

Una preocupacion generalmente recibi-

da,

da, y fundada en la apariencia, havia eſtablecido acerca del rocìo, y el ſereno varias idèas muy falſas, que han diſsipado en eſtos ultimos tiempos MM. (*a*) Gerſten, (*b*) Muſchembroeck, y (*c*) Dufay. El Lector, que no quiſiere ignorar nada de lo que ſe ſabe en eſta materia, puede leer ſus Eſcritos, donde hallarà un numero grande de experiencias ingenioſas, y de obſervaciones tan curioſas, como nuevas. De todos los hechos, que alli ſe citan, el mas admirable es, que el ſereno, ò rocìo parece que huye de algunos cuerpos, al paſſo que ſe pega facilmente à otros: el vidrio, la china, y quantidad de otras materias ſe mojan mucho al miſmo tiempo, que los pedazos de metal bruñido de qualquiera extenſion, que ſean, pueſtos en el miſmo parage permanecen ſiempre enjutos; y eſta eſpecie de preferencia es tan ſeñalada, que un eſcudo pueſto en medio de un plato grande de loza, ò vidrio, no recibe la mas minima humedad, aunque lo demàs del plato eſtè todo mojado.

Cierta diſpoſicion de la Atmoſphèra, y un concurſo de circunſtancias, que ſerìa

(*a*) *Chriſt. Lud. Gerſten, tentam. Francof.* 1733.
(*b*) *Eſſai de Phyſiq. pag.* 753.
(*c*) *Mem. de l'Acad. des Scienc.* 1736. *pag.* 352.

muy dificil notar con puntualidad, obligan algunas veces una gran quantidad de vapores gruessos à levantarse, al modo del rocìo: en tal caso estos vapores, que apenas se levantan, se extienden uniformemente por la parte baxa de la Atmosphèra, y la dexan opaca todo el tiempo, que permanecen suspensos en ella.

Todos estos vapores errantes, y baxos, assi los que nacen del rocìo de la mañana, como los que nacen en otros tiempos, y de un modo diferente, se llaman *Nieblas.* Comunmente no son mas que agua; pero algunas veces se mezclan con exhalaciones, que se manifiestan por su mal olor, por cierta acrimonia, que se siente en los ojos; y por el daño, que hace à los frutos, y à los granos. Reynan algunos años unas nieblas, à quienes se atribuye el añublo, y el moho, enfermedades muy comunes al trigo, y al centeno: algunos Sábios han atribuìdo à estas mismas causas lo que se nota en algunas espigas, cuyo grano se pone negro, y se alarga en forma de cuerno, y que los Labradores llaman *Espolòn*, ò *trigo cornudo.* Su harina es dañosa; se le atribuye una enfermedad, que reyna algunas veces en el campo, y que se conoce con el nombre de *Fuego de San Anton*; se pretende tambien,

bien, que causa gangrena. (*)

En Invierno son mas frequentes las nieblas, que en Verano; porque el frio, que reyna en el ayre, condensa prontamente los vapores, y no les dà lugar para elevarse mucho; si el frio se aumenta, la niebla se yela, y se pega à las ramas de los arboles, à las plantas secas, à los cabellos de los caminantes, à las crines de los caballos, y generalmente à todo lo que està al descubierto; esto es lo que se llama *Escarcha.*

Quando las nieblas, ò los vapores aptos para su formacion, se pueden levantar bien altas, se hacen de ellas unos montones, que vaguèan à discrecion del viento por la Atmosphèra; estas son las *Nubes*, que vémos suspensas por un lado, y otro encima de nosotros, y que de quando en quando nos cubren el Sol, y los demàs Astros con su opacidad; sus figuras, y tamaños varìan infinitamente segun la cantidad de vapores, que las forman, y segun el modo con que se ordenan al unirse; lo qual depende mucho de la direccion, y de los diferentes grados de velocidad, que reciben de los vientos.

Las nubes no siempre estàn igualmente ele-

(*) Histor. de la Academ. de las Cienc. año de 1710. pag. 61. Diar. de los Sab. Mar. 1676.

elevadas; porque como es preciso, que estèn siempre en equilibrio con el ayre, en que vaguéan, y este fluido es mas sutìl à una distancia mayor de la tierra, los vapores mas sutilizados pueden sostenerse, donde los mas gruessos no podrian, por ser muy pesados. Por esto las nubes espesas dispuestas à dissolverse en lluvia, estàn por lo comun muy baxas. Los que viajan por las montañas altas, como las de los Alpes, y las de los Pyrinèos, passan muchas veces por en medio de las nubes, que ocultan la tierra à sus ojos, despues de haverles encubierto el Cielo: aun los menos atentos observan, que en tales parages està la tierra muy humedecida por las nubes, que alli vienen à romperse: lo que contribuye mucho para mantener los arroyos, y manantiales, que tan frequentes se vèn al pie, y en las cercanìas de estas montañas. Assi aun en el tiempo que no llueve, son las nubes otras tantas cargas de agua, que distribuyen los vientos por diferentes parages, y que vàn à descargarse en las montañas, desde donde despues se extienden en los llanos por los canales subterraneos, que ha formado la naturaleza. Pero no siempre se descargan las nubes de este modo. Las mas veces se espesan, yà por la accion de los vientos, que las impéle

unas

unas contra otras, yà por la condensacion del ayre, que las lleva; y entonces sus partes reunidas en gotas quedan mas pesadas, y forman al caer lo que se llama *Lluvia*.

Quando se hace esta condensacion lentamente, ò solo caen los vapores, porque se rarifica el ayre, que los sostiene, como sucede algunas veces despues de una niebla de por la mañana; las gotas quedan muy menudas; la lluvia que forman es muy sutil, y comunmente se llama *Mollizna*. Por el contrario, quando los vapores se condensan precipitadamente, y en una parte de la Atmosphèra poco elevada, donde el ayre tiene mas densidad, las gotas toman mas cuerpo, y estàn mas apartadas unas de otras, como casi siempre se vè en las lluvias de tempestad.

Los frios que se forman en la region de las nubes, no solamente condensan los vapores, y los convierten en lluvia; pero llegan muchas veces à ser suficientes para elarlos: en tal caso caen en *nieve*, ò en *granizo*; en nieve, si la congelacion coge los vapores antes de haverse reunido en gotas gruessas; porque uniendose mal entre sì aquellos carámbanos infinitamente pequeños, no pueden componer sino copos ligeros: en granizo, si las partículas de agua tienen

nen tiempo de juntarse antes de trabarlas el yelo.

El granizo nunca deberà naturalmente ser mas gruesso, que las gotas de la lluvia; si alguna vez se vè, que iguala al tamaño de una nuez, ò de un huevo, es, porque muchos granos se unen al tiempo de caer; ò si no, quando han recibido un grado suficiente de frialdad, yelan todas las partículas de agua, que tocan al caer, y se hacen como el corazon de muchas capas de yelo, que aumentan mucho su volumen, y su peso. Por esta razon el granizo gruesso es muy esquinado, y los granos redondos no son de igual densidad desde la superficie al centro.

Se ha visto (bien que raras veces) baxar en forma de lluvia, ò de granizo, materias, que no eran agua. El año de 1695. cayò en Irlanda una lluvia gruessa, y viscosa, que permaneciò 14, ò 15 dias en los parages donde se havia recogido, y que se puso negra al secarse. En las Memorias de Breslaw, (*) se hace mencion de una lluvia de azufre, que puso en pavor à la Ciudad de Brunswick. Los habitantes de Copenhague, en el de 1649 cogieron tambien azufre

(*) Oct. 1721.

fre en las calles, despues de una lluvia fuerte, que olìa mucho à èl. Scheuchzer observò en el de 1677 un polvo amarillo, que cayò abundantemente, y que facilmente se huviera tenido por azufre, pero examinandole con atencion, se determinò à creer, que esta materia venìa de la flor de los pinos nuevos, que son muchos en las cercanìas del Lago de Zuric, donde hizo esta observacion. Se han visto lluvias de arena à una distancia bien grande del mar; efecto sin duda del viento, ò de la tempestad: como las lluvias de ceniza, y de piedras (si assi se pueden llamar) resultan de la erupcion de los volcanes.

Por lo demàs, quando acaece esta especie de phenomenos, antes de decidir, se debe examinar con seriedad, y no ceder con precipitacion à las primeras apariencias; pues por lo comun la atencion de un observador inteligente desvanece una maravilla falsa, y descubre una verdad obscurecida en las circunstancias. Si se juzgasse, por exemplo, sin otro examen, que todo lo que se vè de nuevo en la tierra, despues, ò durante la lluvia, viene (como las gotas de agua) de la nieve, ò de la Atmosphèra, se creerìa como el vulgo lo hace, que llueven sapos, sangre, semillas &c. Pero quando se sabe, que to-

dos los animales, hasta los reptiles, y los insectos, tienen una generacion arreglada, y que se hace siempre del mismo modo en cada especie; que el sapo casi como la rana son de un cuerpo demasiado gruesso, y muy pesado para levantarse como los vapores; y que la hembra, que los dà à luz, y el macho, que la fecunda, no pueden sostenerse en el ayre; es mas razonable persuadirse à que todos estos animalejos recien nacidos, y cubiertos entre las yervas, ò en otros parages, obligados de la lluvia, salen de sus escondrijos, que no creer, que acaban de nacer casualmente, y han podido caer sobre la tierra mas dura, y mas hollada, sin hacerse pedazos.

Las manchas roxas, de que se han visto teñidas en diferentes ocasiones las tapias, y los texados, han hecho creer al Pueblo ignorante, preocupado del miedo, que ha llovido sangre. Los mismos Historiadores (*) no han dexado de passar à la posteridad estos espantosos phenomenos, y de añadirlos à los acaecimientos contemporaneos: hasta que al fin algunos sábios mas advertidos notaron, que la pretendida lluvia de sangre havia dexado señalados los sitios cubiertos, co-

(*) Plutar. Dion. Tit. Liv. Plinio, &c.

como la parte inferior de las puertas, y ventanas, y que el ayre se viò immediatamente lleno de una multitud innumerable de insectos de una misma especie.

La primera de estas dos observaciones prueba desde luego, y sin réplica, que las manchas encarnadas no eran señales de una lluvia, que viniesse de las nubes. La segunda diò à conocer con el tiempo, quál era su verdadero origen: veamos, pues, el modo con que se explicò el caso despues de alguna reflexion.

Quando una Mariposa sale de una chrysalida, depone siempre dos, ò tres gotas de una serosidad encarnada, que se parece mucho à la sangre; hay tales, y tales tiempos en que nace un numero prodigioso de ellas; porque esta especie de insectos, como la mayor parte de los otros, es fecundissima, y si todos los huevos se lograssen, nos molestarìan mucho. Todavia hay memoria del perjuicio, que causó una sola especie de oruga en las cercanìas de Parìs el Verano del año de 1735; no quedaron legumbres en las Huertas, y hasta la grama quedò roìda en los Jardines, y en los campos; pues quando semejante numero de orugas, despues de hacerse chrysalidas, se convierten en Mariposas, quántas manchas encarnadas se

havràn de vèr, siendo esta una especie, que sepega à las paredes, y à las casas; porque hay otras muchas, que se meten debaxo de tierra, ò que se pegan à los tallos de las plantas, y entonces casi no se vèn las señales de su metamorphosis.

No tienen mas realidad, que las de sangre, las lluvias de granos. Verdad es, que alguna vez se ha visto, despues de una fuerte lluvia, cubierta la tierra de grande cantidad de menudos granos, que tienen alguna semejanza con el trigo: los Paysanos, que los han recogido, y que han probado hacer pan de ellos, no han dexado de creer, que havia baxado del Cielo; y siguiendo el modo de pensar del Pueblo, han formado sus conjeturas sobre la carestìa, ò sobre la abundancia; pero las personas mas instruìdas, y menos capaces de recibir tales preocupaciones, han reconocido que estos granos eran pequeñas baynas, que se forman en gran cantidad en las raìces de cierta especie de renunculo, que se llama *Celidonia menor*; y asi se desvaneciò toda la maravilla: pues se sabe, que las raìces de esta planta son muy menudas, y estàn à raìz de la tierra: son unos hilitos, que se extienden pegados al suelo, que se secan, y desaparecen, y sus baynas, que tienen mayor con-

sis-

ſiſtencia, quedan ſueltas, y ſe parecen algo à los granos eſparcidos ſobre la tierra.

Como las nubes ſon un agregado de vapores, mas que en otra parte, ſe forman ſobre el mar, y en los lagos grandes, donde es mas abundante la evaporacion. Por eſta razon, aunque las demàs circunſtancias ſean iguales, ſon mas frequentes las lluvias en la vecindad de las coſtas, que en medio de los continentes, ò de las Islas grandes. Por exemplo, en Holanda llueve comunmente mas que en las cercanìas de Parìs, y quando es el viento Sud, ù Oeſte, por lo comun tenemos tiempo lluvioſo por razon del Mediterraneo, y del Oceano, de que no eſtamos muy apartados.

Se mide continuamente en el Obſervatorio Real la quantidad de lluvia, que cae durante el curſo del año, como ſe hace yà hà tiempo en Inglaterra, en Italia, en Holanda, y en muchas Ciudades de Alemania; éſtas obſervaciones ſe hacen por medio de un vaſo quadrado, ò cilindrico, graduado por adentro ſegun ſu altura, el qual ſe pone en un lugar deſcubierto: pero no obſtante reſguardado del viento. Cada vez que llueve, ſe nota en un Diario quántas, lineas ha ſubido el agua en el vaſo; y ſumando al cabo del año todas eſtas cantidades, ſe ſaca la ſu-

ma

ma totál de lo que ha llovido durante los doce meses. Executando esto, se ha sabido, que en los años medianos llueve en Parìs cerca de 19 pulgadas de agua; en Londres 37 pulgadas y $\frac{1}{2}$, medida de Inglaterra (lo que hace cerca de 35 pulgadas de Francia) en Roma 20 pulgadas, en Zuric, en los Suizos 32 pulgadas, en Utrech 24 pulgadas, que son cerca de 23 pulgadas de Francia.

La lluvia purifica la Atmosphèra, precipitando consigo todas las exhalaciones, que se juntan en ella durante la sequedad; cuya grande cantidad corromperìa el ayre, y causarìa enfermedades epidemicas. Percibese sensiblemente este efecto, no solo porque se respira con mas facilidad, sino tambien, porque el ayre se pone mas transparente, los objetos se perciben mas distintamente, y de mas lexos, y jamàs los anteojos de larga vista sirven tan bien, como despues de una lluvia grande, y en un tiempo de cálma.

Otro efecto de la lluvia, que tambien nos es ventajosissimo, es refrescar el ayre, y moderar el calor, que con frequencia nos incomòda en ciertas estaciones. Reconocese presto la causa, sabiendo que la region de las nubes casi siempre està mucho mas fria, que esta parte de la Atmosphèra, en que estamos. Este es un hecho, que no lo

pue-

pueden ignorar los que han visto la cima de los Montes cubierta de nieve, quando todavia hace bastante calor en los lugares baxos. Asi, quando llueve en Estìo, llueve un agua fria, que se filtra por en medio de un ayre mas caliente que ella; y éste necessariamente pierde parte de su calor.

Pero de todos los buenos efectos de la lluvia, no hay otro de que tengamos mas necessidad, y que redunde mas directamente en nuestro beneficio, que la parte que tiene en la fertilidad de la tierra: quando por largo tiempo falta à los campos, y nada suple por ella, todo se pone árido, y el cultivo de los campos queda sin efecto; pero quando moderadamente los rocìa, ablanda la tierra, mantiene la flexibilidad de las plantas, abre los capullos, une los principios *del fuego*, y le sirve de vehiculo, para introducirlo en las raìces, y para distribuirlo à los troncos, y ramas.

Como los vapores, que vuelven à caer en lluvia, levantan consigo, ò encuentran en la Atmosphèra las partes mas sutiles de todas las substancias, que la naturaleza emplea en la composicion de los mixtos, las sales, los azufres, los aceytes, &c. las nubes agitadas con los vientos llevan estos principios de una à otra parte, y los distribuyen de modo, que

no

no se acaban jamàs. Para dárles lugar à que se junten, se dexan descansar las tierras cansadas, ò se varìan las semillas: pues una planta puede passar sin aquel jugo, que otra saca de la tierra.

Las lluvias pueden tener tambien sus malos efectos, quando son frias, y muy frequentes: quando vienen fuera de tiempo, retardan el progresso de la vejetacion, y la madurèz de los frutos; pudren las mieses, y hacen que brote el trigo sobre la tierra; destruyen la caza; descomponen los caminos; hacen impracticable la navegacion de los rios, por las avenidas, è inundaciones que causan, y todos estos tristes efectos perjudican al comercio, y ocasionan la carestìa.

Sè vè con gran frequencia en el mar, y mas raras veces en la tierra, un phenomeno admirable, y dañosissimo, que se llama *manga* de agua: esta es una nube espesa, que se extiende de alto à baxo, en forma de columna cilindrica, ò de cóno al revès; arroja en su circuìto mucha lluvia, ò granizo, y hace un ruìdo semejante al del mar fuertemente agitado; derriba los arboles, y las casas por donde quiera que passa, y quando baxa sobre un navìo, no dexa de sumergirlo. La gente de mar, que conoce este peligro, se aleja de ella quanto puede; y

quan-

quando no pueden evitar el acercarſe, procuran romperla à cañonazos antes de vèrſe debaxo, para prevenir la inundacion, de que ſe vèn amenazados. Pocos Obſervadores han tenido tiempo para examinar de cerca eſta eſpecie de accidentes, y por eſta razon, aun no eſtamos bien inſtruidos del modo con que ſe forman. Creeſe (a) con baſtante veriſimilitud, que la nube, preciſada à dàr vueltas por el doble impulſo de dos vientos contrarios, cuyas direcciones ſon paralelas, toma la forma de un remolino de agua, que ſe alarga, ò enſancha, mas, ò menos, ſegun la aceleracion, con que gyra, y ſegun la extenſion ácia arriba de los vientos, que la agìtan.

Mucho tendria que decir todavia acerca de los Meteoros aquoſos; pero excederìa los límites, que me preſcribì en mi Obra, donde no tanto me he propueſto dàr una Hiſtoria completa de los efectos naturales, quanto exponer las cauſas de los que ſon mas conocidos, y de mas provecho. El Lector, que deſeáre ſaber mas, podrà vèr los Autores, (b) que han eſcrito de eſta mate-

(a) Hiſt. de la Acad. de las Cienc. 1727. pag. 5.
(b) Stanhuſius, Reſta, Dechales, Gerſten, Muſchembroeck, &c.

ria *ex professo*, y las Memorias de las principales Academias, donde se halla una Coleccion de observaciones Meteorologicas para cada año.

ARTICULO SEGUNDO.

DE LA ATMOSPHERA considerada como un fluido en movimiento.

EN el ayre de la Atmosphèra se observan principalmente dos suertes de movimientos: el uno es una especie de concussion impressa en las partes del fluido, que las agìta por algunos instantes, sin sacarlas de su lugar: (a) el otro es una mudanza local succesiva de un gran volumen de

(a) Se puede decir contra esta definicion, que el ruido del cañon quiebra los vidrios de un quarto vecino, lo que no puede suceder sin una mutacion sensible de la masa de ayre, que las toca, y que las rompe; pero se verà facilmente por todo lo que se expondrà en este Articulo, que esta commocion violenta del ayre puede muy bien acompañar algunas veces al sonido, ò al estrepito, sin que le sea essencial, y sin que se encuentre en los casos mas ordinarios.

e ayre, con una ligereza ſenſible, y una direccion determinada. El primero de eſtos movimientos ſe llama *ſonido*, y el ſegundo *viento*.

DEL SONIDO EN GENERAL.

EL ſonido nace comunmente del choque, ò coliſion de dos cuerpos, cuyas partes agitadas ſe eſtremecen, y hacen eſtremecer por todas partes, haſta una cierta diſtancia, al fluido que las circunda; y eſte movimiento trémulo ſe comunica à otros cuerpos, que ſon capaces de èl, y que ſe hallan en eſta eſphèra de actividad; de ſuerte, que la miſma campana, que ſe toca, puede ſer oìda de un numero infinito de perſonas, pueſtas en las cercanìas. Se puede, pues, conſiderar el ſonido, primero en el cuerpo ſonoro: ſegundo, en el medio que lo comunica: tercero, en el organo, en que ſe recibe ſu impreſsión. Aún ſe podia tentar ſeguirle haſta el alma, que percibe ſu idèa; pero es empreſſa, que pertenece à la Metaphyſica, y no es de mi inſpeccion. Procederè con el oìdo, como lo he executado con los otros ſentidos: me contentarè con conducir el objeto haſta la parte del organo, en donde ſe perfecciona

la sensacion, y me dispensarè de examinar el modo, con que nacen las idèas con la ocasion del objeto sensible.

DE LOS CUERPOS SONOROS.

SE llaman *Cuerpos sonoros* con propriedad aquellos, cuyos sonidos despues del choque, ò frotamiento, que los hace nacer, son distintos, comparables entre sì, y de alguna duracion. Porque no se deben nombrar asi aquellos, cuya caìda, ò concussion, solo dexa oìr un ruido confuso, ò repentino, semejantes à los que produce un chirrion, que se descarga, el murmullo de una agua corriente, ò el bramido de las olas agitadas. Se nota, que solo los cuerpos elasticos son verdaderamente sonoros, siguiendo esta definicion; y que el sonido, que ellos producen, es siempre proporcionado à sus vibraciones, yà sea en la duracion, yà sea en la intension, ò en la fuerza.

*** *** ***
*** ***
***

PRI-

PRIMERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 2. representa una campana de vidrio colgada de firme entre dos pies, que se elevan sobre una base: se dàn ligeramente varios golpes en los bordes de esta campana para hacerla sonar; y luego se acerca el tornillo A, que tiene un agujero en lo gruesso del piè, hasta que la punta estè muy cerca de la campana, sin tocarla.

EFECTOS.

Se percibe un ruido pequeño en el vidrio contra la punta del tornillo, y este ruido dura, mientras que subsiste el sonido de la campana.

SEGUNDA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE assegura en dos puntos fixos una cuerda de Clavicordio, ò de Cythara, que tiene cerca de dos pies de largo, y con un mondadientes, ò un alfiler se aprieta por ar-

arriba en la mediacion para ponerla en movimiento.

EFECTOS.

Mientras que la cuerda resuena, la percibimos baxo la figura de un paralelogramo B C D E (*fig.* 3.); y esta figura cessa con el sonido luego que se toca con el dedo, ò con algun otro cuerpo sólido.

EXPLICACIONES.

Se puede considerar una campana, como una série de zonas circulares, cuyos diámetros, disminuyendose segun una cierta proporcion, se representan por las lineas de puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, (*fig.* 4.) y cada zona por lo que mira à su densidad, como un anillo llano, compuesto de muchas circunferencias concentricas, (*fig.* 5.) Lo que dirè de uno de estos anillos llanos, debe entenderse de todas las zonas.

Si la materia de la campana no fuera porosa, todas las circunferencias concentricas, que componen lo largo de un anillo, y que hacen lo gruesso de la campana, serìan otras tantas lineas llenas, y sin interrupcion, como las representa la *fig.* 5. Mas como las partes, que las componen, dexan en-

entre sì algunos pequeños intervalos, se representan estos anillos por la *fig.* 6. de un modo mas conforme à la naturaleza.

Traygase ahora à la memoria lo que hemos dicho (a) explicando el movimiento reflexo. *Que una bola elastica, que cae sobre un marmol, pierde su figura espherica, y no la vuelve à tomar, sino despues de haver sido por algun tiempo elipsoide, cuyo diámetro mayor es una vez horizontal, y otra vertical.* Sale de aqui, que quando se hiere exteriormente el borde de una campana, que es un anillo elastico *a, b, c, d,* (*fig.* 7.) se hace alternativamente oval en dos sentidos; y en esto mismo consisten sus vibraciones. De esta suerte, la misma parte de la campana *a*, por exemplo, moviendose de *f* à *g*, y de *g* à *f* succesivamente con una gran ligereza, toca otras tantas veces en la punta del tornillo, y hace percibir aquel temblor, que fuè el principal efecto de la primera Experiencia.

Mas este anillo circular no puede hacerse oval, sino es con dos condiciones: primeramente es preciso, que en dos parages opuestos de su circunferencia las pequeñas láminas, ò pequeños hilos, que lo com-

(a) *Tom. I. pag.* 243.

componen, se doblen al principio mas, y despues menos de lo que estaban quando componìan un circulo. Lo segundo, es necessario, que en los parages de mayor curvatura, aquellas partes, que forman las capas exteriores se aparten unas de otras mas de lo que estaban en su situacion ordinaria.

Quanto à la cuerda extendida, tambien es preciso acordarse de lo que hemos dicho (a) hablando de las leyes de la elasticidad, „ que las vibraciones, que nos la ha„ cen vèr con la figura de un paralelogra„ mo (porque son siempre muy prontas, y las impresiones, que nos las representan, haciendo un angulo por arriba, subsisten aún en el fondo de la vista, quando nacen otras, que nos la muestran, haciendo un angulo por abaxo) „ que estas vibraciones „ (digo) se hacen en consequencia de la „ reaccion de todas las pequeñas fibras, de „ que se compone. Porque quando esta cuerda se hace angular, es mas larga que quando se extiende en linea recta de un punto fixo al otro. Es preciso, pues, que sus menores partes se alexen un poco unas de otras, para dàr lugar à este aumento, y que se

(a) *Tom. I. pag.* 242.

ſe acerquen para reducirſe à la primera longitud.

Aſsi en la cuerda, como en la campana, quando ſe excita el ſonido, concibo dos eſpecies de vibraciones: à las unas llamarè *totales*, porque ſon de todo el cuerpo ſonoro; quiero decir, las que convierten en ovaladas las zonas circulares de la campana, y que nos hacen vèr una cuerda de Viola, ò de Clavicordio, baxo la figura de un paralelogramo: las otras, que llamarè *particulares*, ſon las que pertenecen à las partes inſenſibles, y que ſe pueden mirar como elementos de las primeras.

Se havia ſiempre creìdo, que los cuerpos eran ſonoros por las vibraciones totales; pero ſe ha ſalido de eſta falſa idèa, debiendoſe principalmente eſte deſengaño à MM. Perault, Carrè, y de la Hire. Eſte ultimo Academico prueba con una experiencia bien ſencilla, que el ſonido conſiſte eſſencialmente en las vibraciones particulares de las partes inſenſibles.

„ Tenganſe, dice èl, (a) unas pinzas „ colgadas de un dedo, y con la otra ma„ no ſe aprieten los dos lados para dexar-

(a) Veanſe las Memor. de la Acad. del año de 1716. pag.264.

„ los despues à su libertad : ellas hacen sus
„ vibraciones, pero sin hacer ruido. En vez
„ de ponerlas en movimiento de esta ma-
„ nera, hieranse por encima con un dedo,
„ ò con algun otro cuerpo sólido : haràn
„ tambien las vibraciones, como en la pri-
„ mera experiencia ; mas en esta ocasion
„ tendràn un sonido muy perceptible: què
„ otra cosa hay en este caso, sino un tem-
„ blor en las partes del hierro , y que se
„ siente quando se le passa suavemente la
„ mano?

Debe, pues, atribuirse el sonido à las partes, que se estremecen; y despues de esta Experiencia debemos estàr persuadidos à que en ninguna ocasion, en que sea possible separar estas dos especies de vibraciones, havrà algun sonido con aquellas, que llamamos totales; mas quando estas nacen de las otras, (este es el caso mas ordinario) aunque no hagan por sì mismas el sonido, reglan no obstante su fuerza, su duracion, y sus modificaciones.

APLICACIONES.

La explicacion de las dos Experiencias precedentes puede servir para dàr razon de muchos hechos, que tienen relacion con es-

esta materia, y que merecen atencion. Por què v. gr. se hacen las campanas de metal compuesto de estaño, y de cobre roxo? Porque todo metal compuesto es mas duro, menos flexible, y por consiguiente mas elastico, que los metales simples, que entran en la mezcla; y como los cuerpos sonoros son tanto mas sonoros, quanto es mayor la elasticidad de sus partes, se mezcla la materia de las campanas, y de los cimbalillos, para hacer mayor el sonido. La mayor parte de las campanillas son no obstante de cobre; pero es un mal cobre, un metal, que sale aspero, y nada maleable: como esta materia es muy rígida, y quebradiza, es mas sonora que lo serìa un cobre nuevo, y mas suave como el del cobre de cocina. Las campanillas de plata, que se hacen para los Gavinetes, no pueden tener sino muy mal sonido, si el metal no tiene liga, ò si no se suple fraguandolo en frio, lo qual le dà mayor elasticidad.

Se hace subitamente cessar el sonido de una campana, tocandola con la mano, ò con algun otro cuerpo; porque se interrumpen las vibraciones. Por esta causa las campanas de los Reloxes, quando se hallan cubiertas de nieve, tienen un sonido sordo, como los tambores, quando se cubren de

bayetas en las ceremonias lúgubres. Por la misma razon una campana hendida no puede continuar sus vibraciones; porque los bordes de la hendidura se empujan recíprocamente, y hacen uno contra otro lo que podria hacer un cuerpo extraño, que tocasse la campana. El sonido probablemente se interrumpirìa menos, si en vez de tener una simple hendidura, estuviesse entreabierta lo ancho de un dedo, ò algo mas. Se puede notar aùn, que los Reloxeros tienen siempre cuidado de que los martillos de las campanas se levanten subitamente despues del golpe por un resorte, à fin que el mismo cuerpo, que ha excitado el sonido, no le altére, permaneciendo mucho tiempo aplicado al cuerpo sonoro.

Puesto que el sonido no es otra cosa, que una série de vibraciones, se debe concebir, que no hay sonido alguno absolutamente continuo: si nos parece tal, viene de que el silencio desde una vibracion à la otra es muy corto para dexarse percibir. Nada hay mas apto para conocer la fuerza de esta verdad, que un instrumento de lengueta, como un Obóe, ò la Gayta Zamorana: la lengueta se compone de dos láminas elásticas, y muy delgadas, de metal, ò de madera, ò de alguna otra materia: se

jun-

juntan por un extremo, y forman entre sì un pequeño tubo; por el otro extremo estàn llanas, y se acercan mucho sin tocarse. Quando el soplo de la boca, ò el viento de un fuelle, ponen la lengueta en movimiento, las dos láminas se baten una contra otra, y hacen un sonido, que parece tan continuado como el de una Flauta, ò de un Violin. No obstante, puesto que este sonido viene de los golpes multiplicados de una lámina contra otra, es incontestable, que hay algun corto intervalo entre los golpes, y que el sonido que hacen no es continuo.

Con una mecanica muy semejante à la de una lengueta, se forma la voz de la mayor parte de los insectos; porque yerra el que cree, que el zumbido de las moscas, el canto de las Cigarras, el de las Langostas, y Grillos venga de la boca de estos animalejos, ò de los organos por donde adquieren su nutricion: en los unos es un cierto movimiento de sus alas; y en los otros es el exercicio de una especie de tambor, que suelen tener en el vientre como la Cigarra, y tal vez sobre el lomo ácia la concha de la cabeza, como es facil de observar en ciertas Langostas, que se retiran à las cambroneras, y que no tienen alas.

Pe-

Pero, pregunto: El ſonido debe nacer ſiempre del choque, ò golpes de los cuerpos ſólidos, como el de una campana herida de un martillo, ò como el de una cuerda, que ſe toca con las uñas, ò con la punta de una pluma? Por ventura los fluidos no ſeràn de ningun modo ſonoros por sì miſmos? O heridos éſtos por los cuerpos duros, no ſeràn capaces de producir eſte ſonido?

Se ſabe lo que ſe debe ſeguir ſobre eſtas queſtiones, quando ſe reflexiona un poco ſobre ciertos hechos, que ſe preſentan diariamente. Un latigazo, que un Carretero, ò un Poſtillòn dà de recio, el zumbido de una tableta, que hace un niño dàr vueltas rapidamente en la punta de un bramante, el ſilvo de una vara, que ſe mueve con una gran ligereza, què otra coſa es, ſino el ſonido del ayre herido por un cuerpo duro? En todos eſtos caſos, y en una infinidad de otros, reſuena un fluido, y ſus partes hacen las vibraciones, por haverlas herido un cuerpo ſólido. En el ſónido de un pito, ò de una flauta, no ſe halla mas que un cierto volumen de ayre, que ſale de la boca del que lo toca, y và à herir otra maſa de ayre contenida en el inſtrumento; porque ſegun crèo, las vibraciones de la madera no ſon del caſo, à no ſer que ſirvan quizàs para

tranſ-

transferir, con mas, ò menos ruido, el ſonido que eſtà yà formado. Lo que me hace creer, que las vibraciones de la flauta no tienen parte en la formacion de los ſonidos, que produce, es que ſe tiene en la mano mientras eſtà en movimiento; y ſi tuvieſſe vibraciones, ceſſarian, por el miſmo caſo de eſtàr entre las manos. El inſtrumento, pues, ſolo ſirve (por decirlo aſsi) de medida, y cubierta al volumen de ayre que ſe ſopla; y ſe puede decir, que todos los caſos, que ſe parecen eſſencialmente à éſte, ſon otros tantos exemplos del ſonido, producido por fluidos, que ſe tocan entre sì.

Se ſabe, que hay algunas perſonas, que quiebran un vaſo de beber con el ſonido de la voz, oponiendo ſu boca à la del vidrio. Ciertos Eruditos, poco impueſtos en el aſſunto, y aun un Autor, (a) (que ha hecho una Diſſertacion completa ſobre eſte hecho) quieren, que tomando un tono aſpero, y diſſono, el ayre agitado por la voz, penétre por el vidrio, y lo haga ſaltar. Todo lo contrario ſe neceſsita: ſe ha de tomar un tono uniſono con el del vidrio, y ſe ha de forzar la voz; porque en eſte caſo ſe

(a) Morhoff. *de Siph. vitr. per cert. humanæ vocis ſonum fracto.*

se aumenta el tamaño de las vibraciones totales, y por consiguiente el de las vibraciones particulares de donde resultan; mas como estas ultimas no pueden hacerse, sin que las partes del vidrio se separen unas de otras; quando llegan à ser muy grandes, la distancia de dichas partes llega à ser una separacion, ò solucion de su continuidad, y entonces se hace pedazos el vaso. En una palabra, la voz forzada hace sobre el vidrio lo que hace un arco, que passa con mucha fuerza sobre una prima. Este es otro exemplo del sonido excitado, ò à lo menos aumentado en un cuerpo sólido por el choque de un fluido.

DEL MEDIO, QUE SIRVE de vehiculo al sonido.

LAS vibraciones de un cuerpo sonóro se quedarian en un perfecto silencio, si no huviera entre èl, y nosotros alguna materia capàz de recibir, y transferir esta especie de movimiento: porque el orden de la naturaleza es tal, que un cuerpo no puede obrar sobre otro, si no le toca por sì mismo, ò por alguna materia interpuesta; y de ninguno de quantos han querido buscar algunas excepciones à esta ley general, se puede

de decir, que ha dado pruebas ſuficientes. Pero aun quando el miſmo cuerpo ſonóro obraſſe ſobre una materia, la propagacion del ſonido no tendrìa lugar, ſi eſta materia inflexible, ò muy mole no fuera capàz de animarſe con el miſmo movimiento que èl. Pongo, pues, dos condiciones, no menos neceſſarias, que ſuficientes en el medio, que debe transferir el ſonido: primera, debe tener una cierta denſidad, para que ſus partes obren muy fuerte, y libremente unas contra otras: ſegunda, debe ſer elaſtico; porque el movimiento de vibracion nace del reſorte de las partes. Las experiencias que ſe ſiguen, ſerviràn de pruebas à eſtas dos propoſiciones.

TERCERA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

SE pone ſobre la platina de una máchina Pneumatica (*fig.* 8.) una eſpecie de relox, que quando eſtà en exercicio, hace mover dos martillos, que hieren alternativamente un cimbalillo. Eſte inſtrumento eſtà montado ſobre una baſe de plomo, que eſtà guarnecida por abaxo de una almohadilla

llena de algodòn, ò de lana; (*a*) se cubre el todo con un recipiente, que està guarnecido por lo alto con un tambor lleno de zapatillas de cuero: la vareta de metal, que passa al través, sirve para soltar el vecte F, y poner en movimiento las ruedas: despues se enrarece el ayre todo lo possible.

EFECTOS.

Si el ayre està suficientemente dilatado, y la vareta no toca à la palanca, se vèn moverse los martillos, sin percibir algun sonido; mas si el instrumento toca à la platina, al recipiente, ù algun otro cuerpo duro, que se comunique ácia afuera, como la vareta que ha servido para soltar el vecte, se percibe un poco el golpe de los martillos.

QUARTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

FIxese un relox despertador sobre una platina de plomo de 4 à 5 lineas de gruesso, y se cubre despues con un pequeño recipien-

(*a*) Este instrumento està representado mejor, tom. I. III. Lecc. Lamin. 2. Fig. 5.

piente, cuyos bordes ſe pegan contra el plomo con cera blanda: el todo ſe cuelga deſpues con quatro hilos, que ſe unen en la parte ſuperior del recipiente, para meterle en un gran vaſo cilindrico, que contiene cerca de 15 azumbres de agua, limpia de ayre. Veaſe la *fig.* 9.

EFECTOS.

Luego que ſuena el deſpertador, ſe percibe, no obſtante que eſtè rodeado de muchas pulgadas de agua por todas partes; pero el ſonido parece muy remiſſo.

EXPLICACIONES.

Una campana de relox, que hace ſus vibraciones en el vacìo, no puede comunicarlas à cuerpo alguno: por conſiguiente, pueſto que ellas no producen el ſonido, ſino quando ſe comunican, deben eſtàr con un profundo ſilencio en el vacìo. A la verdad no hay vacìo abſoluto en el recipiente de nueſtra experiencia; pero el ayre, que queda, eſtà tan dilatado, que ſus partes yà muy ſeparadas no tienen baſtante reaccion. Falta à eſte fluido la primera condicion de las que notamos arriba; es decir, una denſidad ſuficien-

te, que ponga las partes en estado de obrar fuertemente unas contra otras.

Se dirà tal vez, que à falta del ayre grossero, hay siempre en el vaso una materia mas sutil, aunque no sea mas que la de la luz, ò del fuego; mas, à lo que aparece, esta materia (sea lo que fuere) no es apta para la propagacion del sonido, yà sea porque su resorte no es analogo con el de los cuerpos sonóros, yà sea porque estos no pueden asirse de ella, à causa de la extrema facilidad con que penetra los cuerpos.

Esta experiencia de la campana de relox, ò de una campanilla en el vacìo, tan conocida, y tan repetida en los Colegios, ha hecho decir à muchos, que el ayre es el unico medio apto para la propagacion del sonido. Que sea apto, y mas que otro alguno, no tiene la mas leve duda; pero que sea solo, creo que es demasiado decir. Porque quál es la causa de que esta misma experiencia no logre su efecto à satisfaccion de los que la hacen, quando no han tenido cuidado de dexar libre el cuerpo sonóro, ò de impedir que no toque immediatamente la platina, el recipiente, ò algun otro cuerpo duro, que pueda comunicarse ácia afuera? No es esto porque el sonido se comunica por los cuerpos sólidos, que por una

par-

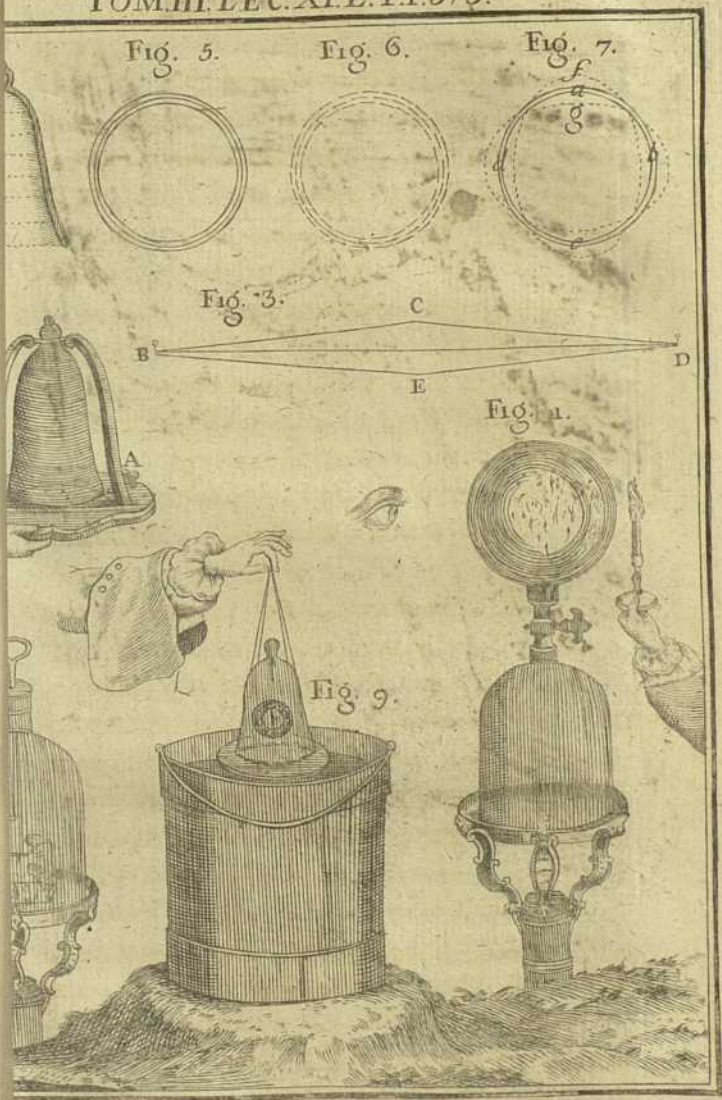


Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
f
a
g
d
b
e
Fig. 3.
C
B
D
E
Fig. 1.
A
Fig. 9.

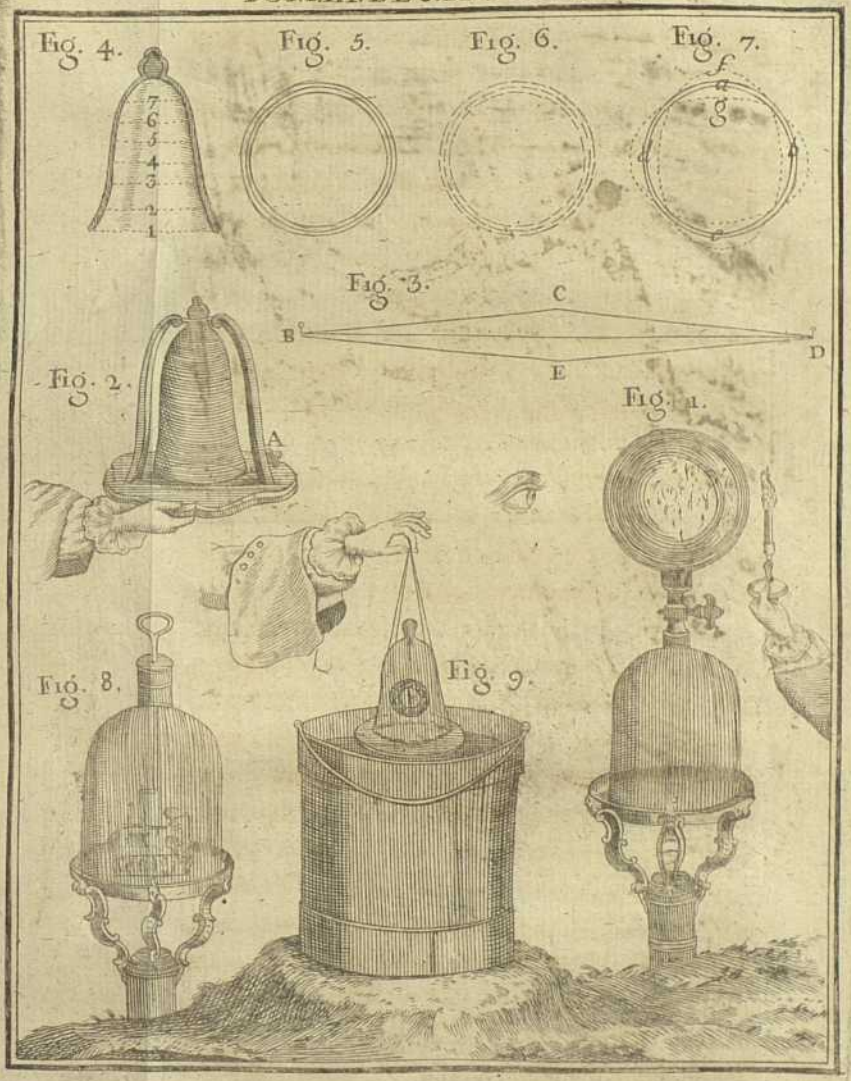


Fig. 4.
7
6
5
4
3
2
1
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
f
a
g
Fig. 3.
C
B
D
E
Fig. 2.
A
Fig. 1.
Fig. 8.
Fig. 9.

parte tienen comunicacion con la campana del relox, y por otra con el ayre exterior?

Por otra parte, à mi parecer, la quarta Experiencia no nos dexa sobre esto duda alguna. Si el sonido no puede comunicarse sino por el ayre, por què se percibe, quando el cuerpo sonóro encerrado entre el vidrio, y el plomo, està metido en un vaso lleno de agua? No estamos obligados à reconocer, que el sonido se comunica del dispertador al ayre, que le circunda, del ayre al recipiente, del recipiente al agua, y del agua al ayre exterior?

Se dirà, que esta comunicacion no se hace por las partes proprias del vidrio, y del agua, sino solo por las del ayre, que contienen, y que naturalmente se encuentran en todos los cuerpos? He prevenido esta objecion, valiendome del agua purgada de ayre: y quando se me objetasse aún, que jamàs se quita todo el ayre, que està en el agua; responderìa, que he quitado una gran parte, y que si este ayre contribuìa necessariamente à la propagacion del sonido, debia à lo menos encontrar una diferencia sensible, repitiendo la misma experiencia con igual cantidad de agua no purgada de ayre; lo que jamàs he percebido, por mas atencion que haya puesto.

Si

Si por alguna razon se podia dudar, que las partes del agua fuessen capaces por sì mismas de comunicar los sonidos, serìa por la opinion en que se està comunmente, de que los licores no son compressibles; porque si esto se tomasse en todo rigor, no tendrian resorte alguno; y todo cuerpo que no es elastico, no puede recibir un movimiento de vibracion.

Mas con què fundamento se ha creìdo hasta aqui, que los licores no son compressibles? Es acaso porque los Academicos de Florencia, y muchos otros Physicos, que los han experimentado con este cuidado, no han podido jamàs restringir su volumen por su compression? Y bastarà esto para entablar sin limitacion, que los licores son incompressibles? No se pudiera haver concluìdo con mas prudencia, que si se comprimen por los esfuerzos, que podemos emplear en ellos, es en quantidad tan pequeña, que su volumen no se disminuye jamàs sensiblemente?

Ninguno de los hechos conocidos prueba, pues, la incompressibilidad absoluta del agua: en otra parte lo dexo expuesto (*) con razones, que combaten fuertemente esta opi-

(*) Tom. I. pag. 96.

opinion, y me parece, que nueſtra ultima experiencia acaba de deſtruirla; porque ſi el agua comunica el ſonido, es elaſtica; y ſi es elaſtica, es preciſo que ſea compreſsible.

APLICACIONES.

Pues el ſonido ſe comunica por los cuerpos ſólidos, como lo prueban de una manera inconteſtable las precauciones, que conviene tomar, para aſſegurar la primera experiencia de las precedentes; no debemos admirarnos yà de un hecho, que entretiene à los niños, y que intereſſa la atencion de las perſonas mas ſérias; eſto es, percibir diſtintamente el golpe, que dà un alfiler contra la extremidad de una larga viga, quando ſe aplica el oìdo à la otra extremidad; porque à cauſa de la contiguidad de las partes, ſe comunica eſte choque al ayre, que toca el extremo opueſto de la pieza de madera. No obſtante ſiempre es una coſa muy ſingular, que el ruido pierda tan poco de ſu fuerza, que pueda llegar à una tan grande diſtancia, quando apenas puede oirſe al travès de la miſma viga; quizàs eſto nace de que las fibras longitudinales de la madera ſe interrumpen mucho menos por ſu poroſidad, que el conjunto de eſtas

mis-

mismas fibras de que resulta la densidad de la pieza.

No solamente el sonido excitado en el agua se comunica al ayre de la Atmosphèra, mas tambien el que nace en el ayre passa al agua, y hace sentir en ella todas estas modificaciones. He tenido la curiosidad de meterme de proposito en diferentes profundidades de una agua quieta, y he percibido muy distintamente todas las especies de sonidos, hasta las articulaciones de la voz humana.

Es verdad, que todos estos sonidos eran muy remissos; sin duda, porque las partes del agua, mucho menos flexibles que las del ayre, no pueden tener las vibraciones tan amplias, ni de una tan larga duracion: pero lo mas notable es, que esta remission se hace casi toda ella en el tránsito del ayre al agua; porque à tres pies de profundidad oìa casi tan bien, como à tres pulgadas.

Preguntan los Naturalistas, si los peces son sordos, asi como son mudos; y aunque los mas hábiles (*) entran en la question, permanece aún indecisa con grande espanto del vulgo, que juzga siempre segun las primeras apariencias, y segun la analogìa me-

(*) Plin. Boyle, Arthedi, Rondelet, &c.

menos fundada. Todos los otros animales oyen; „ por què los peces no oiràn tam-„ bien? Los peces huyen como los pájaros, „ quando se hace ruido; luego unos, y „ otros se espantan con èl. Pero el vulgo no sabe, que no se conocen hasta ahora orejas en los peces, ni cosa que pueda hacer su oficio; ignora tambien, que se acostumbra mirar el agua, que es su elemento natural, como incapàz de resorte, y que en esta suposicion, hay mucho fundamento para mirarla como impermeable al sonido. Si el pez huye, quando se hace ruido, es preciso estàr bien assegurado, que no ha podido percebir algun movimiento, que le determinasse à huìr; y sé por mì mismo, que esto no es muy facil de decidir, mayormente quando se dexa à parte qualquiera preocupacion.

Como quiera que sea, si el pez no percibe los sonidos, que vienen del ayre, el impedimento no proviene del agua, pues los comunica; tampoco miro como razon que establezca absolutamente su sordera, el defecto de orejas semejantes à las de los otros animales: este organo, en el pez puede estàr dispuesto muy de otro modo, que lo està en los animales, que respiran el ayre; què sabemos si este sentido no es pa-

ra ellos universal, como lo es el tacto para nosotros? Lo que me hace aventurar esta sospecha es, que haviendo metido conmigo algunos cuerpos sonoros, el ruido, ò el sonido que he ocasionado en el agua, lo sentia en todo el cuerpo por una cierta commocion muy sensible: lo qual procede sin duda de la grande solidèz de las partes del agua.

Por qualquiera medio que el sonido se comunique, gasta algun tiempo sensible, aun quando la distancia es mediana; muy diferente en esto de la luz, cuya propagacion se hace en un instante muy corto, y à distancias muy grandes. Esta diferencia es un medio cómmodo, y de que no se ha dexado de practicar para medir la ligereza del sonido; porque si se dispára un cañonazo, ò un morterete à una distancia conocida, se puede tomar sin error sensible el resplandor de la luz, que se percibe, como señal del origen del sonido, y se contarà por medio de un péndulo de segundos el tiempo que passa, hasta que se oye; de este modo se conocerà el tiempo, y el espacio, y por consiguiente su ligereza.

Esta experiencia hecha, y repetida yà hà mucho tiempo por la Academia del Cimento, por MM. Flamsteed, Halley, Derham,

ham , &c. havia dado fundamento para concluìr , que la ligereza del ſonido era de 180 toeſas (medida de Francia) por ſegundo; mas quedaba aún alguna incertidumbre ſobre las reſultas, yà fueſſe porque no concordaban perfectamente entre sì, yà porque ſe ſirvieron de diſtancias poco conſiderables. En 1738 la Academia de las Ciencias, (*) para terminar con preciſion una queſtion, que puede ſer de una aplicacion útil, yà para la Geografia, yà para la ſeguridad de la navegacion, encargò à MM. de Turi, Maraldi, y de la Caille, hicieſſen ſobre eſto las experiencias neceſſarias, con las precauciones mas convenientes al aſſunto. Eſtos Academicos hicieron ſus operaciones ſobre una linea de 14636 toeſas, que tenia por terminos la Torre de Montlhery, y la pyramide del Monte de los Martyres. Veamos ſus principales reſultas.

Primero: El ſonido corre 173 toeſas (medida de Parìs) en un ſegundo de tiempo, de dia, ò de noche, en tiempo ſereno, ò en tiempo lluvioſo. El movimiento de la luz no tiene, pues, parte en la propagacion del ſonido; y los vapores mezclados con las partículas del ayre no interrumpen el

(a) Memor. de la Academ. 1738. pag. 128.

movimiento de vibracion.

Lo segundo: Si el viento que corre tiene una direccion perpendicular à la del sonido, este tiene la misma ligereza, que tendrìa en un tiempo de calma.

Lo tercero: Si el viento sopla en la misma linea, que corre el sonido, le retarda, ò le acelera, segun su propria ligereza; es decir, que con un viento favorable corre el sonido 173 toesas por segundo, añadiendo la velocidad del viento; y al contrario sucede, si el viento està directamente opuesto. Por esta causa, quando el viento muda de direccion, y de ligereza, se oyen en un mismo lugar ciertas campanas, que no se pueden percebir en otros tiempos. Y asi, conociendo la ligereza del sonido acelerado por el viento, se podrà sacar la velocidad propria del viento; porque quitando de la velocidad acelerada 173 toesas por segundo para la del sonido, lo restante serà la del viento.

Lo quarto: La velocidad del sonido es uniforme: es decir, que en tiempos iguales, y tomados consecutivamente, corre siempre espacios iguales.

Lo quinto: La intension, ò la fuerza del sonido no muda su velocidad: aunque un sonido mas fuerte se extiende mas lexos

xos que otro mas remisso, uno, y otro corre igualmente 173 toesas por segundo.

Todas estas noticias, y las experiencias con que se han adquirido, facilitan muchos medios prontos y cómmodos, para medir la extension de los lugares, en donde las operaciones Geometricas no son necessarias, ò practicables, como la anchura de los lagos, ò de los rios en su embocadura. Porque si despues de haver percebido la luz de una arma de fuego, cada segundo de tiempo corresponde à una distancia de 173 toesas, es cosa muy facil de averiguar, quántos segundos se passan hasta que se oye el ruido. El mismo medio puede ser de un gran socorro en un tiempo nublo, para los baxeles, que temen estrellarse contra las Costas; porque si en lugar de un farol, que en semejante caso no se vè de muy lexos, se hiciessen tirar de tiempo en tiempo algunos morteretes, ù algunos cañonazos, esta luz, que es mucho mas activa, y mas perspicàz, indicarìa mucho mejor el sitio, à que se debia abordar, ò que se debia huìr: y el ruido que se seguirìa, señalarìa su distancia à los navegantes, que estarìan entonces muy atentos.

Havemos dicho arriba, que los cuerpos son tanto mas sonoros, quanto tienen mayor

yor densidad, y al mismo tiempo mayor resorte. Lo mismo acaece en todos los medios, que comunican el sonido; y siendonos el ayre el mas familiar, le darèmos la preferencia.

QUINTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

A, B, (*fig.* 10.) es una tabla muy gruessa, sobre la qual estàn levantados dos pilares C, D, que sostienen por arriba un travesaño E F. Esta ultima pieza està sujeta con dos tornillos, que la dexan baxar lo necessario para apretar fuertemente un recipiente de vidrio muy gruesso. Este vaso descansa por una parte sobre unos cueros mojados, y està cerrado por arriba con una chapa de metal, guarnecida tambien con un cuero mojado por abaxo, de modo que lo interior del recipiente, quando està cerrado en su caxa, no comunica sino con la bomba compressiva G por medio de un canal pequeño, en donde hay una llave. Esta bomba es del tamaño semejante à la que describimos arriba (*) hablando de la fuente

(*) P. 208.

te de compresion; es decir, que tiene en el extremo immediato à la llave una valbula pequeña, que dexa salir al ayre de la bomba; pero no le permite salir del recipiente, quando se eleva el émbolo: assi sucede, que abierto el cañon, se puede condensar el ayre en el recipiente al rededor de una campanilla, que està colgada de modo, que se puede hacer que suene, moviendo algun tanto la caxa en que estriva.

Como el ayre muy condensado hace un esfuerzo grande, se debe tomar la prudente precaucion de vestir el vaso con una especie de jaula de gruessos arambres, para que si rebienta, no causen daño alguno los pedazos.

Para condensar el ayre en proporciones conocidas, se meterà en el recipiente un syphòn pequeño, cuya pierna mas larga estè cerrada, y que contenga en la parte de su curvatura un poco de mercurio, ò de licor colorado, (*fig.* 11.) porque à medida que el ayre se condensáre mas, comprimiendo por la pierna mas corta, que estarà abierta, forzarà el licor à subir por la otra, y condensarà el ayre quanto lo estuviere èl: assi quando esta columna pequeña de ayre se encerrasse en un espacio de una tercera parte, ò de la mitad mas pequeño que antes, (lo

que

que se percebirà por las graduaciones señaladas sobre la tabla) se juzgarà, que el ayre del recipiente se halla una tercera parte, ò al doble mas condensado.

EFECTOS.

Quando el ayre se ha condensado en el recipiente, el sonido que hace la campanilla, es sensiblemente mas fuerte de lo que suele ser estando el ayre en su estado natural, porque entonces se oye de mas lexos.

EXPLICACION.

Suponiendo como cierto, que el sonido consiste essencialmente en las vibraciones de todas las partes, que componen el cuerpo sonoro, debe haver mas sonido donde quiera que haya mas partes sonantes, y una elasticidad mas activa. Estas dos cosas se encuentran, quando el ayre està mas condensado; porque en primer lugar sus partes estàn mas cerradas, y apretadas; hay mayor numero de ellas en un espacio dado; y finalmente, la elasticidad de cada una de estas partes està mas comprimida: luego el ayre en este estado debe ser mas sonoro, que quando està mas raro.

Haux-

Hauxbée, Autor de esta experiencia, (a) no se contentò con decir en general, que el sonido es mas fuerte, quando se aumenta la densidad, y la elasticidad del ayre; mas se adelantò à indagar las proporciones de este aumento. Antes de condensar el ayre, observò la distancia, en que cessaba de oirse la campanilla metida en el recipiente: haviendolo condensado despues una vez mas de lo que estaba en su estado regular, hallò que el sonido se oìa à doble distancia; y que despues de haver triplicado la densidad del ayre, se oìa la campanilla tres veces mas lexos, &c.

Y què es lo que se debia concluìr de estos efectos? Que el sonido se aumenta en razon directa de la densidad del ayre? No. La proporcion es mayor aùn; porque quando se oye la campanilla à una distancia duplicada, es preciso que à una distancia la mitad menor, el mismo sonido sea quatro veces mas fuerte: la razon es la que se sigue.

El cuerpo sonoro comunica por todas partes sus vibraciones al ayre, que le circunda: luego su accion se extiende por rayos de este fluido, que vàn siempre apar-

(a) *Transact. Phil. n.* 321.

tandose unos de otros, como los de una esphèra; y la oreja, que escucha, viene à ser la base de un cono de ayre, animado por el cuerpo sonoro, que està en el vértice. Vease la *fig.* 12.

Ahora pues: los que tienen alguna noticia de las Mathematicas, no ignoran que un circulo dos veces mayor que otro, comprehende en su circunferencia un espacio quatro veces mas extenso; y exprimiendo esta proporcion de una manera general, se dirà, que los circulos son entre sì, como los quadrados de sus diámetros: assi el cono *a b c* tiene una base quatro veces mas extensa, que *a d e*, que es una vez mas corto, porque *d e*, diámetro de éste, solo es la mitad de *b c*, diámetro del otro; y por consiguiente, si la abertura de la oreja, que se supone circular, es de un diámetro igual à *d e*, quando està puesta à la primera distancia, recibe quatro veces mas rayos sonantes, que à la segunda distancia.

Por la misma razon recibirìa 9 veces menos à la tercera: 16 veces menos à la quarta; y como 16 es el quadrado de 4; 9 el quadrado de 3; 4 el quadrado de 2, se puede decir generalmente, que el *sonido se disminuye en la proporcion, en que cre-*

crece el quadrado de la distancia.

Pero supuesto, que doblada la densitud, y la elasticidad de el ayre juntamente, se oye el sonido dos veces mas lexos que antes; que con un ayre tres veces mas denso, y tres veces mas elastico, se oye à una distancia tres veces mas grande; siguiendo el principio, que acabo de explicar, es preciso que la intension del sonido sea, ò como el quadrado de la densidad, ò como el quadrado de la elasticidad de el ayre; ò si no, como el producto de la una multiplicado por la otra. Monsieur Zanotti, deseoso de saber quál de estas tres leyes era la de la naturaleza, finalmente se atuvo à la tercera, despues de varias experiencias, no menos ingeniosas, que delicadas, cuyas particularidades es preciso vèr en sus Obras, ò en los extractos, que de ellas se han hecho. (a)

APLICACIONES.

Se sigue de estos principios, fundados sobre la experiencia, y el discurso, que los cuerpos sonoros se deben oìr mucho mas en un tiempo frio, que quando hace mu-

 cho

(a) *De Bononiensi Scient. & Art. instituto Commentarii, pag. 176.*

cho calor; porque entonces el ayre està mas denso, y tiene mas elasticidad; pero este aumento de densidad no es tan grande, à lo que parece, que tenga un efecto sensible respecto de los sonidos; ò sea que como estas mutaciones se hacen por grados, y lentamente, lo que de ellas resulta para el aumento, ò para la diminucion de los sonidos, no se hace perceptible.

Todos conocen el efecto de las trompas marinas, ò bocinas: el Cavallero Morland, y los que se aplicaron como èl à perfeccionar este instrumento, parece que solo miraron à la direccion de los rayos sonoros, atribuyendo à esta sola causa el aumento del sonido; por cuyo motivo Monsieur Hase quiere que se componga de dos partes, una de las quales sea eliptica, y la otra parabolica, (*fig.* 131.) y que tengan un foco comun en *b*, para que partiendo los rayos de la embocadura *a*, primer foco de la parte eliptica, y reflectiendose en todos los puntos *c*, *d*, *e*, *f*, &c. se crucen en el foco *b*, que es comun à la parte parabolica, para reflectirse despues paralelamente en los puntos *h*, *i*, *k*, *l*, &c.

No se puede negar enteramente, que esta forma, ù otra qualquiera (tal vez aun mas ventajosa) no contribuya mucho

à

à aumentar el ſonido en la direccion *a g*, ò ſiguiendo el exe del inſtrumento; porque debe hallarſe por eſte medio tanto movimiento en la columna de ayre *i l m n*, quanto havria en todo el hemiſpherio, cuyo centro eſtuvieſſe ocupado por la boca de un hombre, que hablaſſe ſin trompa marina. Pero debe dàrſe uno por ſatisfecho con eſta razon, quando ſe pregunta, por què à los lados, y detràs del inſtrumento, parece que el ſonido tambien ſe aumenta tanto? Como la reflexion del ſonido ſigue las miſmas leyes, que la de la luz, ſupongamos que la bocina de Mr. Haſe eſtè tan bruñida, y liſa interiormente como un eſpejo, y pongamos en *a* un punto radiante como una vela, què ſucederìa? La luz ſe condenſarà, y havrà ciertamente mas claridad en *m n* de la que havria ſin el ſocorro del inſtrumento; pero en lugar de eſtàr mas iluminada toda la circunferencia, ſe hallarà en una grande obſcuridad. Luego reſpecto del ſonido hay alguna coſa fuera del movimiento reflexo, en conſequencia de la figura de la bocina.

Es cierto que hay, y ſe puede decir en general, que el ſonido ſe aumenta, ſiempre que el cuerpo ſonoro imprime ſu movimiento à un ayre apoyado en alguna parte.

te. La voz se oye mejor en las calles de una Ciudad, que en el campo raso, y mucho mas aún en un quarto cerrado, que en la calle: la razon es, porque las particulas del ayre, mas fuertemente comprimidas, hacen mayores vibraciones; y el ayre, como qualquiera otro cuerpo elastico, se comprime tanto mas, quanto menos sitio pierde, mientras que la potencia, que le oprime, obra sobre èl.

Pero este aumento del sonido, nacido de la immobilidad del ayre, es todavia mas sensible, quando el que resiste, y sostiene las partes de este fluido, es un cuerpo duro. Un Orador se oye mejor, quando hay menos personas que le oyen, y quando el lugar, donde habla, no està alhajado, porque entonces el sonido, en lugar de amortiguarse, como sucede quando toca en cuerpos blandos, y sin reaccion, vuelve sobre sì, ò và à otra parte, siguiendo el modo con que se reflecte; aun por esso el ruido de los truenos, el del cañon del fusìl se siente, ò extiende mas lexos en los Valles, y à lo largo de los Rios, que en campo raso; y en los aqueductos, y bobedas subterraneas, la mas débil voz corre inteligiblemente de un extremo à otro. Tambien por razon de un ayre immobil, (aunque fuertemente com-

pri-

primido, y apoyado contra paredes muy duras) un hombre metido en el agua en la campana del buzo, pensó desmayarse por el espanto que le causó el sonido de una corneta, que intentò tocar. (a) Por el mismo principio debe explicarse lo que sorprende à los Curiosos en aquellos edificios, donde la mas baxa voz se oye de un angulo à otro, sin que los presentes en la misma pieza puedan oìr una palabra de lo que se dice; porque estos angulos siguen ordinariamente la bobeda, y contienen una porcion de ayre, que no pierde su sitio, y en la qual el sonido se hace, y se conserva mas fuerte; y la figura de la bobeda causa las reflexiones necessarias para transferirlo, y comunicarlo.

En fin, quando la masa del ayre, que recibe el sonido, està contenida en paredes, que aunque duras, son no obstantes delgadas, y elasticas, al primer efecto, de que acabo de hablar, se junta otro; y es, que no solo el sonido se aumenta por adentro, porque el ayre interior està sólidamente apoyado; mas este mismo sonido, aumentado, se comunica tambien al ayre exterior, porque toca un cuerpo elastico, y lo pone en

(a) *Sturm. Coll. Curios. tom. 2. tentam. 1.*

en movimiento. Para prueba de esto, comprímasse, rebientese, ò afloxese solamente uno de los parches de un tambor; batiendo despues el otro, no se formarà tanto sonido como antes; y de dónde proviene esta diferencia? Proviene de que el ayre contenido en la caxa, yà no tiene apoyo por abaxo; siendo assi, que quando estriva en una piel bien extendida, recibe mayor movimiento, porque resiste mas; y lo comunica afuera, porque descansa sobre un cuerpo elastico.

Ahora se percibe bien, por què el sonido se aumenta, no solo en la direccion de la bocina, mas tambien en todo el espacio immediato; porque este instrumento, como se sabe, està hecho de hojas de metal muy delgadas, y por consiguiente muy aptas para comunicar ácia afuera el sonido, que se aumenta mucho por adentro; porque la masa de ayre, herida por la voz, està contenida entre paredes muy duras.

Lo que digo de la bocina, se puede entender tambien de qualquier otro instrumento, y aun de los de cuerdas; y si no, por què es preciso, por exemplo, que un Clavicordio, ò un Violòn, sea una caxa de madera delgada, y elastica? Porque sin esta precaucion el sonido de las cuerdas se co-

mu-

municarìa à un ayre vago, y ſin apoyo, que huirìa, por decirlo aſsi, de ſu golpe; quando por el contrario las cuerdas vibran contra una maſa, que eſtà como forzada à recibir de ellas un movimiento mayor, y que lo comunica afuera por la reaccion de la madera.

El ſonido, aſsi como qualquiera otro movimiento, muda de direccion, quando encuentra impedimentos, que no lo abſorben; y entonces ſigue la ley comun, haciendo el angulo de reflexion igual al de ſu incidencia.

El ſonido reflexo, à quien comunmente llamamos *Eco*, no ſe diſtingue del ſonido directo; eſto es, de aquel que viene immediatamente del cuerpo ſonoro, quando la reflexion ſe hace de muy cerca; en tal caſo uno, y otro ſe confunden. Mas quando hay una diſtancia ſuficiente, aſsi como el ſonido, que viene por reflexion, anda mas camino que aquel que viene directamente; aſsi tambien llega mas tarde al oìdo, y repite la primera impreſsion. Supongamos, por exemplo, que una perſona habla en alta voz enfrente de una roca O, diſtante 173 toeſas: (*fig.* 14.) es cierto que ſe le oirà hablar en el miſmo inſtante; mas el ſonido que irà à

tocar en O, y que volverà à la misma persona por la reflexion, empleará dos segundos de tiempo por causa del doble tránsito de 173 toesas. Y porque el sonido, que và mas lexos, necessita mas tiempo para ir, y para volver; si huviere obstáculos en P, y en Q, que vuelvan los rayos sonoros ácia el mismo lugar, se oiràn en èl succesivamente dos, tres, ò quatro ecos.

Por esta misma razon, puesto uno en *r*, (*fig.* 12.) oye instantaneamente el sonido de la campana *a* por el rayo *a r*, y luego el eco de la misma campana por los rayos *a f*, *f r*.

Los ecos no se hallan en campo raso; pero se hallan por lo comun en bosques, rocas, y en tierras montuosas, porque en ellas el sonido encuentra con gran frequencia obstáculos, que lo reflectan: se ha observado, que algunos repiten muchissimas veces, como el de Wostock, que repite distintamente 17 sylabas de dia, y 20 de noche. (a) Pero juntamente siempre se ha observado, que las ultimas repeticiones son mas débiles, que las primeras, lo qual es

(a) Rob. Plot. *Hist. Nat. de la Prov. de Oxfort en Inglaterra.*

es consequencia necessaria; porque los últimos sonidos corren mas camino que los primeros; y el sonido es un movimiento, que se disminuye à proporcion que el quadrado de la distancia se aumenta, exceptuando el caso, en que el obstáculo, que vuelve los rayos sonoros, sea de una figura apta para disminuìr su divergencia.

Los ecos passan algunas veces por phenomenos muy singulares por lo raro de las circunstancias que los producen: à tres leguas de Verdun hay dos torres muy grandes, distantes una de otra 36 toesas: quando se habla un poco alto en la linea, que junta estos dos edificios, la voz se repite 12, ò 13 veces, aunque siempre se và debilitando: las dos torres se comunican alternativamente el sonido, como dos espejos contrapuestos multiplican la imagen de una vela puesta entre los dos. (a) Tambien se halla la descripcion de un eco mas singular en las Memorias de la Academia, impressas antes de 1700. (b) Se conoce sin dificultad la causa de todos estos efectos, quando se observa con alguna atencion la naturaleza, y posicion de los lugares, ò

 la

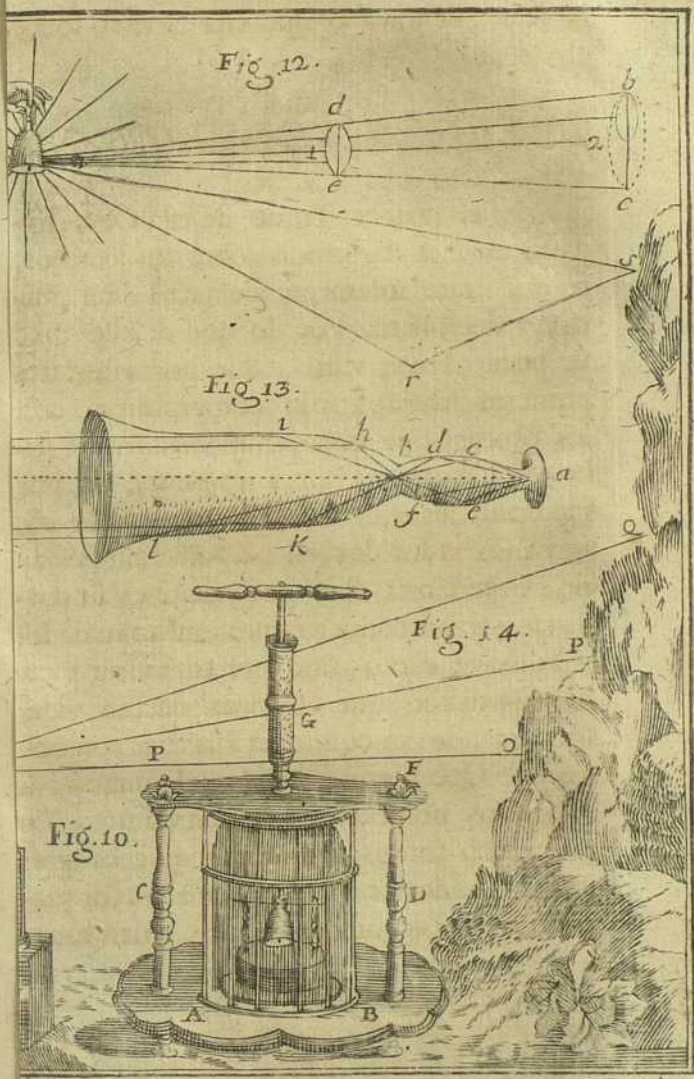
(a) *Hist. de l'Academie des Scienc.* 1710. *pag.* 18.
(b) *Tom. X. pag.* 187.

la figura de todo lo que està elevado sobre el terreno.

DE EL OIDO, Y DE SU ORGANO.

EN el primer Tomo de esta Obra hice una digresion sobre los sentidos, en que tratè solamente del tacto, del gusto, y del olfato. Por lo que de ello dixe se puede haver visto, que por estos tres primeros sentidos solo comunicamos con los objetos que obran immediatamente sobre nosotros, yà por sì mismos, yà por medio de sus efluvios. Mas à què estado nos veriamos reducidos, si no pudieramos sentir, ò percibir, sino por acciones immediatas; si no conocieramos un animal feròz, ò venenoso, sino por su mordedura; ò un peñasco que amenaza nuestra vida, sino quando yà comienza à acabar con nosotros? Què pintura serìa la del mundo, si todos los hombres fueran semejantes à los que nacen sordos, ò ciegos, à quienes les es negado poder tener parte en la mayor parte de las idèas comunes? (a) y serìan todavia

(a) Vease la historia de un sordo, y mudo por naturaleza, que comenzò à oìr, y hablar en la edad de 24. años. *Hist. de la Academ. de las Cienc.* 1703. *pag.* 18.



G.a f.t

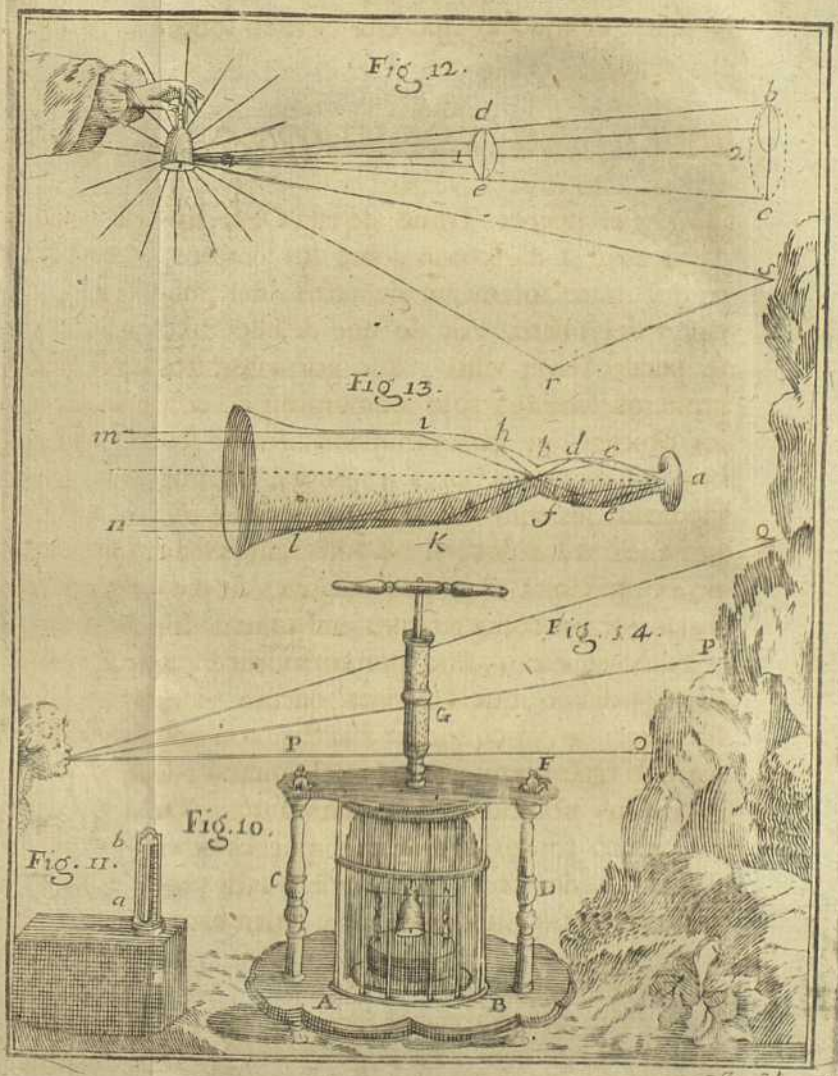


Fig. 12.
d
b
a
c
e
r
Fig. 13.
m
n
i
h
b
d
c
a
f
e
l
k
Fig. 14.
P
G
P
o
F
Fig. 10.
Fig. 11.
b
a
C
D
A
B

G.2 f.t

via mas desdichados, si tratados mas favorablemente por la naturaleza, no les pudieramos suavizar alguna cosa del rigor de su desgraciada suerte. Con la ayuda del oìdo, y de la vista salimos, por decirlo assi, fuera de nosotros: salimos al encuentro à los objetos: los juzgamos de lexos; y segun la relacion de estos dos sentidos, el deseo, ò el miedo nos hacen tomar los medios, y las precauciones necessarias para nuestro bien.

Serìa dificultoso decidir, quál nos es mas necessario, si la vista, ò el oìdo. Por lo comun solo juzgamos de ello, suponiendo la falta de lo uno, ù de lo otro; pero esta comparacion no es por lo comun exacta, y nos conduce à un juicio falso; porque no se ponen iguales circunstancias de una, y otra parte. Hay mucha diferencia de uno que naciò ciego, ò sordo, à otro que viò, y oyò hasta una cierta edad, y que despues, por alguna fatàl desgracia, perdiò uno de los expressados sentidos. No me parece haver reflexionado bastantemente sobre los disgustos de un hombre, que sabe que se puede vèr, y que jamàs viò, para compararlos con los de otro, que sabe que se puede oìr, y que nunca ha oìdo: no sè yo quál serà su dolor, ni quál sien-

te

te mas; pero ahora, que conozco la dificultad que hay en imprimir las idèas à uno que no oye, y de quántas noticias Divinas, y humanas està privado uno, que no ha podido tener educacion alguna, quisiera mas bien haver nacido ciego, que sordo. No harìa lo mismo, si conociendo las letras, y las demàs señales comunes à la sociedad humana, me fuera preciso escoger, ò el oìdo, ò la vista; en tal caso primero escogerìa el beneficio de la vista, que el del oìdo.

No obstante, *cæteris paribus*, dicen, que un sordo està siempre mas triste que un ciego.

Si se llama tristeza el modo de estàr en la conversacion; esto es, como embelesado, y ageno de lo que se trata, hay mucha razon para lo dicho; porque el sordo no tiene parte alguna en ella; pero sufrirà mas que un ciego, en cuya presencia se disputa de la hermosura de una tela, ò pieza de paño? Por mì no lo crèo, à no ser que se imagíne que hablan de èl, ò de lo que le interessa; y entonces la comparacion yà no es de un ciego, en cuya presencia se disputa de una tela, sino de un ciego, à quien importa saber, si la tela es hermosa, ò fea; quiero decir, que los disgustos del uno,

unò, y del otro ſon iguales, quando el interès es igual de una, y otra parte. Mas yo me perſuado, que el ciego tiene mas ocaſiones de ſentir, porque no ſe puede ſuplir la viſta, ni tan facil, ni tan perfectamente como el oìdo. Algunos ha havido, que quedandò ſordos en cierta edad, ſe han acoſtumbrado à entender, con ſolo el movimiento de los labios, todo lo que ſe les decia, y aun à converſar de eſte modo con otros ſordos. (a)

En lo demàs, para què nos canſamos en indagar quál de los dos beneficios es mas ventajoſo, quando ſon tal vez iguales? Parece que la Naturaleza lo tiene yà decidido aſsi; pues no executando nada ſuperfluamente, no obſtante quiſo dárnos dos orejas, como nos diò dos ojos.

El objeto del oìdo es el ruido, y el ſonido, de que acabamos de hablar: la diferencia que hay entre uno, y otro, conſiſte en que el primero es un movimiento irregular, ò quizàs un conjunto de muchos ſonidos, que à un miſmo tiempo hacen en el organo una impreſsion confuſa: al contrario del ſonido, tomado con propie-

(a) *Mem. de Trevoux, Septiembre* 1701. *pag.* 9. *Tranſact. Philoſ. n.* 312.

priedad, que consiste en unas vibraciones regulares, homogeneas, y que se oyen mas distintamente: quizàs tambien los sonidos solo afectan una cierta parte del organo, y el ruido las agìta todas en el mismo tiempo.

La oreja es el organo del oìdo; y por la parte que se vè exteriormente en forma de un embudo à los dos lados de la cabeza, se introduce el sonido, para ir à herir las fibras nerviosas, en donde se perfecciona la sensacion. No me detengo en hacer aqui una descripcion anatomica, y completa de este organo: à los que professan la facultad les es mas facil entrar en un assunto, que aqui sin duda serìa muy fuera de proposito.

El Lector que se incline à lo contrario, podrà vèr las Obras hechas expressamente sobre esta materia; y en particular la del Señor Le-Cat, (a) que ha comparado las idèas de los mas grandes Maestros con sus proprias observaciones. Me contentarè, pues, con nombrar sucintamente las principales partes, que la naturaleza emplèa, para que se oygan los sonidos, y señalarlas con figuras

(a) *Tratado de los sentidos, pag. 275. Tratado de la Oreja de Mr. Du Verney.*

ras gravadas conforme à los mejores Anatomicos; porque mi intento se limìta solamente à dàr à entender la mecanica con que oìmos los sonidos.

A B, (*fig.* 16.) representa la parte exterior de la oreja, cuyo fondo que està ácia C, se llama *la Concha.* C D, es el *conducto auditivo* visto exteriormente; viene à ser un cañon que nace de la concha, y và à parar al *Timpano* E; esta membrana delgada, que està representada obliquamente, no es del todo plana; es algo cóncava por el lado del conducto auditivo; immediatamente despues, entrando mas ácia la oreja interior, hay quatro huessecitos, que se llaman por razon de su figura: *El huesso orbicular* 1. *el estrivo* 2. *el yunque* 3. *y el martillo*: una parte de éste, à quien llaman el *mango* 4, remata en el centro del timpano, y sirve para extenderlo mas, ò menos; la primera concavidad, que està debaxo de esta membrana, se llama *Caxa del Tambòr*; està llena de ayre, y tiene comunicacion con la boca por un canal F *f*, que se llama *Trompa de Eustaquio*; de modo, que comunicando siempre el ayre del Tambòr con el ayre exterior, hace equilibrio con el que llena el conducto auditivo; con la caxa del Tambòr tiene correspondencia

otra parte de la oreja, que se llama *Laberinto*, compuesto del *vestibulo* G, de los tres canales semicirculares H, I, K, y de la *coclea* L, que voy à describir à parte.

La *coclea* es un cono algun tanto aplanado, (*fig.* 17.) envuelto en un conducto, que à manera de un tornillo hace poco mas, ò menos dos espiras y media. (*fig.* 18.)

Este conducto, que và siempre estrechandose, està dividido en toda su longitud por una tela membranosa, cuyas fibras vàn à parar al exe del cono, que le sirve de corazon. (*fig.* 19.) Esta parte se llama *Lamina espiral*, y và siempre estrechandose, como el conducto que divide, desde la base del cono hasta el vertice: y asi las fibras, que componen su anchura, se vàn acortando cada vez mas, à proporcion que se acercan al vertice.

El conducto espiral dividido en dos por la tela de que se acaba de hablar, tiene necessariamente dos orificios M, N: uno de los quales se termína en el vestibulo del Laberinto, y el otro en la caxa del Tambòr.

En fin el nervio auditivo O, se divide en muchos ramos, que passan al vestibulo, y se subdividen en una infinidad de fibras pequeñas, que se distribuyen por todas las partes del Laberinto. Esta es poco mas, ò me-

menos la eſtructura de la oreja; paſſemos ahora à vèr ſus exercicios.

Por eſtàr la *concha* abierta en forma de embudo, recibe los rayos ſonoros en mayor cantidad, y ſu accion ſe comunica por el conducto auditivo haſta la membrana del Tambòr, donde ſe hace la primera impreſſion. Si eſta membrana eſtà floxa, los ſonidos débiles ſe amortiguan en ella, y no paſſan mas adelante; ò, aunque paſſen, ſu impreſsion es tan poco ſenſible, que el alma apenas la percibe. Por eſto, quando eſtamos ocupados en alguna coſa, ſuele acontecer, que no percebimos los ruidos pequeños, ò los ſonidos medianos, que ſe hacen cerca de noſotros. Pero ſi el Timpano eſtà bien eſtendido (y eſto es lo que ſucede quando ſe eſcucha) el menor ſonido ſe comunica por eſta membrana elaſtica à la maſa del ayre, que eſtà en la caxa del Tambòr; y de eſte ayre paſſa al que eſtà en el Laberinto, cuyas partes eſtàn todas reveſtidas de las fibras pequeñas del nervio acuſtico, ò auditivo.

Un ruido muy grande ofende la oreja, y algunas veces llega à dexar ſordas por cierto tiempo, y tambien haſta la muerte à las perſonas, que ſe expuſieron à èl: porque la impreſsion muy fuerte ſobre ſu organo (como ſobre los demàs) embota las partes deli-

cadas, ò descompone su economìa. Despues de un gran ruido, los sonidos débiles son para el oìdo lo mismo, que para los ojos una luz pequeña despues de una grande iluminacion.

Todos saben, y aun los muchachos no ignoran, que el sonido se oye mucho mas fuerte, quando el cuerpo sonóro se tiene con los dientes, ò se tiene la boca abierta sobre èl; porque entonces las vibraciones se comunican al ayre del Tambòr por la trompa de Eustaquio; y esta accion, que es como immediata, debe sentirse con mas fuerza, que la que se comunica por el timpano: los que tienen el oìdo algo duro suelen abrir la boca, quando quieren escuchar con mucha atencion.

De esta observacion se sigue, que la membrana del Tambòr, ò el Timpano, no es parte essencialmente necessaria para la percepcion de los sonidos; porque pudieran comunicarse immediatamente al ayre, que està en la caxa; y la experiencia ha probado ser exacta esta consequencia; porque algunos perros, à quienes se ha quitado la membrana, no ensordecieron immediatamente despues de la operacion; (*) pero la ex-

(*) *Villis, de l'ame des Bétes, c. 14.*

experiencia misma ha hecho vèr tambien, que sin esta especie de barrera, las otras partes no pueden conservarse largo tiempo; porque estos animales despues de algunas semanas, no oìan como antes la voz de las personas, que los llamaban.

Todos convienen en la existencia del Timpano, en el lugar que ocupa, y tambien en sus operaciones; pero no todos concuerdan en que esta especie de diaphragma cierre absolutamente el conducto auditivo, ò pueda abrirse, sin salir de su estado natural. Unos (*) se inclinan à esta ultima opinion, y citan la experiencia de algunos hombres, que hacen salir por sus orejas el humo del tabaco, que han tenido en su boca; otros sostienen lo contrario, y se inclinan à la experiencia de un hábil Anatomico, (*) que habiendo llenado de mercurio la oreja de un muerto, no pudo passar jamàs este mineral de la caxa del Tambòr al conducto auditivo. La experiencia de los que fuman tabaco, se debe mirar acaso como efecto contra la naturaleza? En tal caso nada probarìa. O bien la muerte causa en el timpano una adhesion invencible, que no la hay en el su-

ge-

(*) *Dionis demonstrat. anatom.* 8.

(*) Valsave *de Aure humana*, c. 2, §. 8.

geto vivo? Esto probarìa tambien, que la experiencia hecha con el mercurio es poco concluyente; pero cessa todo el embarazo de esta decision, quando se sabe, que el humo no passa, como dicen, por la oreja; y que la pretendida experiencia no es en realidad, sino una mera ilusion, por la qual algunos pretenden engañar à los que son demasiado credulos, para dexarse llevar de las apariencias, ò estàn poco instruìdos para penetrarlas, como de hecho me lo dixo uno de nuestros Anatomicos, (*) cuya erudicion, y sinceridad son muy conocidas, y de quien tambien supe, que se havia assegurado de la verdad por confession propria de Soldados inválidos, que se havian alabado de echar el humo del tabaco por las orejas.

Siguiendo la propagacion de los sonidos las mismas leyes, que los rayos de la luz, pueden unirse los rayos sonoros, y considerarse, como los que vienen de su objeto luminoso. Pues hagase una bocina pequeña de figura parabolica: (*fig.* 20.) en el fondo havrà un cañòn, cuyo extremo se colocarà en la concha de la oreja, y entonces se verà, que todos los rayos paralelos, como

a

(*) *Mr. Morand de la Academia de las Ciencias, à quien encargò la Assamblèa esta averiguacion.*

a b, *c d* se unen en *f*, foco de la parábola, y aumentan considerablemente la fuerza del sonido en el conducto auditivo.

Mas como estos instrumentos acusticos no deben tener otro efecto, que el de transferir el sonido à la oreja del que usa de ellos, es preciso impedir, que lo comuniquen à las cercanìas, como la bocina; por esto quisiera yo, que se hiciessen de metal bien bruñido, para que por su dureza, y por la regularidad de su superficie, la reflexion de los rayos fuesse mas completa; pero que se amortiguasse tambien su elasticidad, cubriendolos por afuera con una lija, ò zapa muy suave, ò con otra cosa equivalente.

Mr. Le-Cat, (*) movido de las muchas concavidades, que la naturaleza forma en el organo del oìdo, inventò para socorrer à los que dificultosamente oyen, una bocina doble, representada en la *fig.* 21. cuya abertura C D tendrà dos pulgadas y media, ò tres de diámetro. Segun la opinion que sigo, de que el aumento del sonido, por medio de estas especies de instrumentos, procede, tanto de la immobilidad del ayre, como de una reflexion bien dirigida de los rayos sonoros; me inclino à creer, que no se podrà

(*) *Tratado de los sentidos*, *p.* 292.

drà sacar ventaja alguna de esta nueva invencion, que todavia no se ha experimentado.

DE LOS SONIDOS COMPARADOS.

POR lo dicho hasta aqui, acerca de la naturaleza del sonido en general, se comprehende, que los cuerpos sonoros pueden excitar en nosotros diferentes sensaciones, no solo porque siendo unos mas densos, ò mas elasticos, que otros, pueden obrar mas poderosamente, ò por mas largo tiempo; mas tambien, porque estando su resorte mas, ò menos comprimido, seràn mas, ò menos frequentes sus vibraciones: en efecto todos perciben la mucha diferencia, que hay entre el sonido de una campana, y el de un cimbalillo; y con poca atencion se conoce facilmente, que hay en esta diferencia algo mas, que el grado de la fuerza; pues por muy cerca que se estè del cimbalillo, y muy lexos de la campana, no obstante aun serìa muy diferente la impresion, que harìan estos dos sonidos en el organo. Lo mismo acontece en una cuerda, quando se tiene cuidado de tocarla siempre con igual fuerza; si està mas, ò menos tirante, el sonido se muda, y solo se percibe la causa de este efecto, por una tension mayor, ò menor

nor en las partes: de lo qual debe resultar una tremulacion mas, ò menos pronta.

Estas variedades del sonido, que proceden de mayor, ò menor frequencia de las vibraciones de las partes del cuerpo sonoro, se llaman *Tonos*, y su combinacion harmoniosa es el objeto de la Musica, digo de aquel Arte prodigioso, que tanto poder tiene sobre el alma, y en que tantas personas se ocupan el dia de hoy, yà por gusto, yà por profession.

Todos los tonos se dividen en *graves*, y *agudos*: el *grave* es aquel, que procede de un cuerpo sonoro, cuyas partes se mueven mucho mas lentamente, que las de otro à quien se compara, ò (es lo mismo) que en un mismo tiempo, hace menos vibraciones, que èl. Se vè por esta definicion, que el tono no es grave, ni agudo, sino por comparacion con otro tono, y que una, y otra qualidad se puede variar tanto, quanta puede ser la diferencia en el numero de las vibraciones, que los cuerpos sonoros pueden hacer en un mismo tiempo.

Mas aunque los tonos se pueden variar casi *ad infinitum*, si se mira à la comparacion de los numeros; sus diferencias se encierran en límites mucho mas cortos, ateniendose à lo sensible; porque el oìdo mas

delicado no distingue estas diferencias, sino quando hay un intervàlo muy considerable entre los numeros, que las producen. Por exemplo, si se pone tirante una cuerda de clave, de modo que haga 200 vibraciones en un segundo, tendrà un cierto tono; mas si despues se estira un poco mas, de modo que en el mismo tiempo forme 201, 202, 203 vibraciones, entonces tendrà sin duda un tono mas agudo physicamente, pero no sensiblemente; porque el numero de las vibraciones, que hace al fin, no difiere mucho del que hace al principio.

Quando se tocan à un mismo tiempo dos cuerpos sonoros, como dos cuerdas de clave, ò de cithara, sus vibraciones tienen necessariamente una cierta proporcion de numeros entre sì: de modo, que despues de un cierto tiempo, las dos cuerdas vuelven à empezar en el mismo instante; y esta especie de reunion periodica es la que se llama *Consonancia.*

Las consonancias son tanto mas perfectas, quanto las vibraciones se juntan, ò se reunen con mas frequencia, ò que sus numeros, en cada tiempo, se diferencian menos entre sì. Se llama *Unisona* la consonancia de dos cuerdas, cuyas vibraciones se hacen una por cada una; la de las dos, que hace

dos

dos vibraciones contra una, forma la *octava* alta; la que hace tres contra dos, forma la *quinta*; si hace quatro contra tres, la *quarta*; cinco contra quatro la *tercia mayor*; y seis contra cinco la *tercia menor*.

Pero, como se vè, ninguna de estas consonancias de una cuerda con otra, tiene nada de absoluto; el tono, à quien yo llamo *octava*, *quinta*, &c. serìa muy presto muy distinto, si mudàra el tono de la otra cuerda, que me sirve de objeto de comparacion. Lo mismo sucede con el sonido, que se llama grave, ò agudo; el qual muda su denominacion, sin mudar de naturaleza, siempre que se muda el sonido con quien se compara.

Es gravissimo inconveniente en la Musica no tener un tono fixo, è invariable, que siempre se pueda hallar, y al qual se refieran los demàs. Aquella especie de flautilla, que sirve regularmente para determinar el tono de las voces, y de los instrumentos en un concierto, ò las flautas, que dicen estàr en tono de Capilla, no son los medios mas seguros para evitar qualquiera variedad. La experiencia enseña, que los instrumentos de esta especie, como de qualquiera otra, no conservan constantemente su estado; pero aun quando pudieran conservarlo, si llegan

à perderse, ò à romperse, cómo se podrà hallar el verdadero tono?

De quantos Physicos han procurado hallar en la Musica este tono fixo tan deseado, ninguno à mi vèr se ha aplicado con mas zelo, y con mas felìz éxito, que Mr. Sauveur: aunque à la verdad los medios que imaginò, no tienen à mi parecer toda aquella simplicidad, que se requiere, para calificarlos de invencion práctica. Se puede vèr en sus Escritos, ò en los extractos, que se han hecho de ellos, quáles han sido sus indagaciones, y hasta dónde llegò su acierto en este punto. Dirè solo aqui, que este ingenioso, y sábio Academico, para determinar, y fixar un sonido por baxo, del qual se tomasse la série de los tonos graves, y por alto la de los agudos, se aprovechò de una observacion que hizo, y puede hacer qualquier oìdo algo atento, oyendo ajustar dos cañones de organo. La reunion de sus vibraciones se dexa percebir por un sonido mas fuerte; y el tiempo que passa de una reunion à otra, algunas veces es bastantemente sensible, para que se pueda observar, y medir. Se sabe por la naturaleza de las consonancias, quántas vibraciones es preciso, que haga uno de los dos cañones, en el mismo tiempo en que el otro hace un numero de-

determinado; que de dos cañones ajuſtados à la octava, por exemplo, en el tiempo, que el uno hace dos vibraciones, el otro hace ſolamente una: luego ſi el interválo de una reunion à la otra fuera baſtantemente ſenſible, ſe pudiera ſaber quánto tiempo emplèa el primero para hacer dos, y el ſegundo para hacer una. De eſta manera, determinado por la experiencia el tiempo en que ſe hacen las vibraciones de un tono determinado, y por otra parte conocido el numero de las vibraciones, que hacen en el miſmo tiempo los demàs, toma Mr. Sauveur por ſonido fixo el que hace 100 vibraciones en un ſegundo; y llama *Octava-fixa-aguda* à la ſuperior; eſto es, al ſonido que hace 200 vibraciones en un ſegundo; y *octava-fixa-grave* à la inferior, ò al ſonido, que hace 50 vibraciones en otro ſegundo.

Haviendo hallado Mr. Sauveur por la experiencia, que un cañòn de organo de cerca de cinco pies, abierto, hacìa el ſonido fixo de que acabo de hablar, comparò ſu tamaño con el de otros dos cañones, de los quales uno hacìa el mas grave tono, y otro el mas agudo, que puede diſtinguir el oìdo del hombre; y haviendo examinado por la comparacion de ſus dimen-

ſio-

ſiones, quántas vibraciones podia hacer cada uno en el tiempo de un ſegundo, hallò, que el ſonido mas grave, que podémos diſtinguir, viene de un cuerpo ſonoro, que hace 12 vibraciones y media en un ſegundo; y que el ſonido mas agudo forma en el miſmo tiempo 6400 vibraciones; y como $12\frac{1}{2}$ es à 6400, poco mas, ò menos, como 1 à 512, ſe puede concluìr, que el oìdo puede percebir 512 grados de ſenſaciones.

Si ſe halla en un tono fixo por medio de los cañones del organo, no hay duda que ſe podrà lograr tambien para todo genero de inſtrumentos; porque una cuerda de viola, una flauta, un oboé, &c. ſe puede poner uniſona con el cañòn, que diere el tono fixo.

Nada ſirve para el tono el tamaño de las vibraciones: acabado de tocar el cuerpo ſonoro, ſe extienden mas; pero aunque deſpues queden menos extenſas, y el ſoni- por conſiguiente ſe debilíte, no por eſto ſe ſigue alguna mutacion en el tono; porque aunque las vibraciones ſon mas fuertes al principio que al fin, duran ſiempre lo miſmo: lo qual es proprio de los cuerpos elaſticos. No obſtante eſto, no ſe debe entender, ſino del ſonido principal, de aquel que per-

ci-

cibe qualquiera oreja, luego que ſe hiere el cuerpo ſonoro; porque mientras ſe pone mas atencion, y à proporcion que el ſonido principal ſe debilíta, ſe diſtinguen frequentemente otros tonos, de que procurarè dàr razon dentro de poco.

Una cuerda hace las vibraciones con tanta mas frequencia, y por conſiguiente un ſonido tanto mas agudo, quanto es mas corta, menos grueſſa, y eſtà mas tirante. Pues ſi ſe quieren ajuſtar dos de la miſma materia, es preciſo mirar à eſtas tres coſas, à ſu longitud, à ſu grueſſo, y à ſus grados de tenſion.

Lo primero: Si dos cuerdas igualmente largas, y grueſſas, no ſe diferencian mas que por el grado de tenſion, ſus vibraciones, en quanto al numero, ſon como las raìces quadradas de las fuerzas, ò potencias que las tienen tirantes.

Eſto es, que ſi eſtaban tirantes por medio de unos peſos, y una de ellas lo eſtuvieſſe por un peſo de una libra, y la otra por uno de quatro libras, como la raìz quadrada de 4, es 2; y la de 1, es 1; las vibraciones de eſtas dos cuerdas en quanto al numero eſtarìan en la proporcion de 2, à 1: y, ſiguiendo el miſmo principio, las vibraciones eſtarìan en la proporcion de 3, à 2, ſi

los

los pesos, que tiran las cuerdas, son el uno de 9, y el otro de 4 libras; porque la raìz quadrada de 9, es 3; y la de 4, es 2.

Lo segundo: Si las cuerdas igualmente gruessas, è igualmente tirantes, solo se diferencian en la longitud, el numero de sus vibraciones en iguales tiempos, està en razon inversa de sus longitudes.

Es decir, que la que es una vez mas corta, hace dobles vibraciones, que la otra; y que la que es como 2, à 3, respecto de la otra, hace tres vibraciones contra 2, &c.

Lo tercero: Si las cuerdas no se diferencian mas que en lo gruesso, el numero de las vibraciones estarà en razon recíproca de los diámetros. (*a*)

Esto es, si una de ellas es una vez mas gruessa, hace una vez menos vibraciones, que la otra en un mismo tiempo. Si los diámetros son entre sì, como 3, y 2, la mas gruessa no hace mas, que dos vibraciones contra 3, &c.

(*a*) Esto se entiende solo de los efectos sensibles, y no segun el rigor mathematico. Veanse las razones en las *Mem. de la Academ. de las Ciencias* 1709. *p.* 47.

SEX-

SEXTA EXPERIENCIA.

PREPARACION.

LA *fig.* 22. representa un instrumento, que se puede llamar *Sonómetro* por servir para medir, y comparar los sonidos. Es una caxa larga, colocada sobre una base compuesta de dos pies, y un travesaño: la tabla, que es de pinabete, puede tener tres pies de largo sobre quatro pulgadas de ancho: està horadada con tres rosetas de algun modo semejantes à la de una Guitarra, ò Harpa. En una de las extremidades hay dos vectes angulares, semejantes à los que se usan para las campanillas, que se ponen en los quartos, cuyos brazos forman un angulo recto. En los brazos de estos vectes estàn atados por una parte dos pesos A, B, que se pueden mudar; y en la otra dos cuerdas de Violin, que se ponen tirantes con las clavijas C, D, que estàn en la otra extremidad del caxon. Las dos cuerdas passan sobre dos puentes fixas E, F, à quienes apenas tocan. Fuera de esto, hay otra puente G, que corre por una muesca del uno al otro extremo de la caxa, cuyo borde està dividido en pulgadas, y lineas; de

modo, que apoyando un poco la punta del dedo sobre una de las dos cuerdas, se puede poner en la proporcion del tamaño que se quiera con la otra, sin mudar sensiblemente su grado de tension. Quando se quieren poner tirantes las cuerdas en proporciones conocidas, se cuelgan pesos de valor conocido en A, y en B, y se tuercen las clavijas C, D, hasta que los brazos de los vectes hagan angulos rectos, assi con las cuerdas sonoras, como con las que mantienen los pesos.

EFECTOS.

Primero. Quando las cuerdas son igualmente gruessas, y estàn tirantes por pesos iguales, daràn *el unisono*, si tienen iguales longitudes: daràn *la octava*, si la una es la mitad menor que la otra; y *la quinta*, si una es tres veces menor que otra.

Segundo. Si las longitudes de una, y otra son iguales, y del mismo gruesso, se ajustan por la *octava*, quando una està tirante por un peso de una libra, y la otra por un peso de quatro libras: por la *quinta*, quando los dos pesos, que las tienen tirantes, son uno de quatro, y el otro de nueve libras.

Ter-

Tercero. Si dos cuerdas ſon igualmente largas, y eſtàn tirantes por peſos iguales, eſtàn acordes en la *octava*, quando una es una vez mas grueſſa que la otra: en la *quinta*, quando el diámetro de la una es al de la otra como 3 à 2.

EXPLICACION.

Todos ſaben por lo que ſe dixo arriba, que los tonos dependen de un cierto numero de vibraciones, que el cuerpo ſonoro hace en un tiempo determinado; y que las conſonancias no ſon mas que las diferentes porciones, que tienen entre sì eſtos numeros; de modo, que ſabiendo yo, que la octava ſe debe oìr, ſiempre que hay dos vibraciones contra una: la quinta, quando hay tres contra dos, &c. puedo con toda ſeguridad inferir las proporciones de los numeros por las conſonancias que oygo. Y aſsi, quando las dos cuerdas de mi ſonómetro eſtàn uniſonas, ſea la que ſe fuere en ſemejantes circunſtancias la longitud, el grueſſo, ò la tenſion de cada una, es cierto que ſus vibraciones ſon iſóchronas; eſto es, que dàn una contra una, ò por decirlo mejor, forman el miſmo numero en el miſmo tiempo; y quando eſtàn acordes

en la *octava*, en la *quinta*, &c. se puede decir del mismo modo, que las vibraciones que hacen en un tiempo determinado, estàn en la proporcion de 1 à 2, de 3 à 2, &c.

Se ha visto por las resultas antecedentes, que arreglados el largo, el gruesso, y la tension de las cuerdas, en la forma que diximos era necessaria para lograr ciertas proporciones en los numeros de las vibraciones; resultan consonancias, que dependen essencialmente de estas proporciones, y que no pueden existir sin ellas. Luego se prueba evidentemente por nuestra experiencia, que las vibraciones son, como se ha dicho, tanto mas frequentes, quanto la cuerda sonora es mas corta, mas sutìl, ò mas tirante: y que la frequencia sigue las proporciones, que dexamos establecidas.

Lo que enseña la experiencia en este punto, conviene perfectamente con la razon. Porque si todos los cuerpos elasticos tienen vibraciones tanto mas prontas, quanto sus partes son mas inflexibles: la cuerda, que està mas extendida, y cuyas partes estàn mas tirantes, debe hacer vibraciones mas prontas, y por consiguiente formar un sonido mas agudo; y al contrario, la que està menos tensa, y tiene las partes mas floxas, deberà tener menos frequentes

sus

ſus vibraciones; lo que produce un ſonido mas grave. Ahora: una cuerda eſtà menos tirante que otra, aunque la eſtire un miſmo grado de fuerza, ſi es mas larga, ò mas grueſſa; porque entonces la fuerza que la eſtira, obra ſobre un mayor numero de partes, las quales dividen el esfuerzo; y por conſiguiente cada una de las dichas partes, conſiderada como un pequeño muelle, ſe halla menos eſtirada de lo que eſtuviera, ſi fuera parte de una cuerda mas corta, ò mas delgada.

APLICACION.

La Experiencia precedente nos enſeña, por què en todos los inſtrumentos de Muſica, la parte ſonora, eſto es, la que ſe debe herir para excitar los ſonidos, eſtà ſiempre diſpueſta de modo, que ſe le puedan mudar facilmente, ò las dimenſiones, ò el grado de tenſion; porque eſtos ſon los medios proporcionados para expreſſar la compoſicion del Muſico. Las primas de un cimbalo, por exemplo, templadas en uniſon, expreſſan las tonadas, porque las teclas, que ſe tocan, las acortan mas, ò menos para formar los tonos. En el Violin los dedos hacen oficio de teclas, apretando las cuer-

das

das sobre el diapasón. En el Clavicordio, en donde cada cuerda està fixa en un solo tono, la extension de las tonadas nace de un mayor numero de cuerdas, y de sus diferentes tamaños, y gruessos.

Tambien en los instrumentos de boca, mudadas las dimensiones del cuerpo sonoro, se saca una série de tonos mas graves, ò mas agudos. Una flauta, ò un pito contienen una columna de ayre, que es (hablando con propriedad) la parte sonora de este instrumento, como se notò yà arriba. Mas esta columna de ayre muda en algun modo su tamaño, segun el numero de los agujeros, que se tapan, ò se destapan; porque como de todos ellos viene la comunicacion del ayre exterior al interior del cañon, éste se halla impedido para recibir en toda su extension, ò de un modo completo las vibraciones, que vienen de la embocadura. (a)

El organo de la voz se pudiera comparar con los instrumentos de boca, como no se buscasse una semejanza perfecta; porque no hemos visto hasta ahora, que el arte haya producido algun instrumento, que imi-

(a) Vease la explicacion de Mr. Eulero *Tentamen novum theor. Musica.*

imite mucho à la naturaleza. La *trachèa-arteria* G *g*, H *h*, (*fig.* 23.) el canal digo por donde el ayre, que ſe reſpira entra en los pulmones, acaba ácia la boca en una pequeña abertura ovalada *k*, que ſe llama la *glota*: la ſemejanza que tiene con una flauta, tenia perſuadido à los Antiguos, à que la voz ſe formaba en eſta parte, aſsi como el ſonido en eſta eſpecie de inſtrumentos. Pero Mr. Dodard, conſiderando, que el ſonido de la flauta ſe excìta por el ayre, que entra en el cañon, y la voz por el ayre, que ſale de la trachèa-arteria, ſe perſuadiò con mas veriſimilitud, que la glota es el organo principal, y que el cañon en que remata ſolo ſirve de conducto al ayre.

Segun el ſyſtèma de eſte Phyſico (a) ſaliendo el ayre con mas, ò menos velocidad por la glota, que tiene para eſte efecto la facultad de dilatarſe, y eſtrecharſe, forma ſonidos mas, ò menos graves. El ſonido aſsi formado, và à reſonar en lo cóncavo de la boca, y de las narices; y ſaliendo, ſe articùla por el movimiento de la lengua, y de los labios. De eſte modo la trachèa ſubminiſtra el ayre, la glota forma la voz, y ar-

(a) Mem. de la Acad. de las Cienc. 1700. p. 244.

arregla el tono; y la lengua, y los labios forman con èl las palabras. Asi, dicen, sucede por lo comun; pero sin embargo se puede hablar, y cantar tambien, aspirando; y hay algunos, que por habito, ò por disposicion de organos, producen una voz sorda, y como apagada, que se forma por el ayre, que entra en la trachèa: los quales se llaman *ventriloquos*; esto es, que hablan por el vientre. En otros tiempos se miraban estos como Magicos, y como posseìdos del demonio; pero no era extraño, que este modo de hablar ocasionasse al Pueblo este error, viendose comprehendidos en èl algunos Autores de grande opinion en el Mundo. (a)

Si los diferentes tonos de la voz, ò del canto se deben atribuìr à las diferentes aberturas de la glota, es preciso que su pequeño diámetro (que quando mas, es de una linea) pueda mudar 9632 veces de tamaño, segun el cálculo de Mr. Dodard, para proveer à todas las diferentes mutaciones de tonos, de que es capàz la voz humana. Es posible que quepa tal division en una extension tan pequeña? Es cosa, que

(a) Liran. *in cap.* 18. *Deut.* Casser. *de Vocis Organo.*

que apenas ſe puede concebir. Harà por ventura la glota lo que hace la lengueta de un Obóe, ò Chirimìa, que, como ſe ſabe, ſolo ſirve para producir el ſonido, y no los tonos; y el canal de la boca, que ſe alarga, ſe eſtrecha, y ſe dilata ſiguiendo la calidad de los tonos, harìa lo que hace una flauta paſtorìl, que contiene mas, ò menos ayre, por cuya cauſa es capàz de un ſonido mas, ò menos grave? O por ventura eſtas dos partes concurren juntas à la formacion de tonos, la una como una lengueta, que ſe puede hacer mas, ò menos grande, mas, ò menos elaſtica, y la otra como un cañon, que muda de dimenſiones?

Mr. Ferrein acaba de aclarar mucho eſta queſtion, probando por experiencias, no menos deciſivas, que ingenioſas, y delicadas, que los dos labios de la glota no ſe baten uno contra otro al modo de lengueta; ſino que cada uno de ellos, herido por el ayre, que viene de los pulmones, ſuena como una cuerda, ſobre que ſe paſſa un arco. Sus obſervaciones le han dado à conocer, que las extremidades de eſtos dos labios ſon unos cordones tendinoſos, atados por una, y otra parte à unas ternillas, que ſirven para comprimirlos mas, ò menos; y halla en los diferentes grados de tenſion, de que

estas partes son capaces, una explicacion natural de todos los tonos, que puede producir la voz humana; pues se sabe en general, que una cuerda, mas ò menos tirante, produce un sonido, mas ò menos agudo.

Pero cómo ha podido saber Mr. Ferrein, que los dos labios de la glota no se baten uno contra otro? Que el estrecharse solo de esta parte no es suficiente para que haga subir la voz de tonos graves à agudos? Y que el ayre arrojado de los pulmones por la trachèa-arteria dà un movimiento de vibracion à estos cordones tendinosos, à quienes por esta razon llama *Cuerdas vocales*? No serìa preciso haver visto la accion misma de estas partes, para juzgar del modo con que se hace? Y cómo se puede vèr un mechanismo, que la naturaleza misma ha ocultado à nuestra vista?

Pero el ingenioso Autor de estos descubrimientos, no pudiendo hacer sus experiencias en sujetos vivos, tratò de volverles la voz à los muertos. Ajustò unos fuelles à unas trachèas frescas: el ayre que hizo passar precipitadamente por la glota, formò sonidos, y sus conjeturas passaron yà en su idèa à ser conocimientos. (a)

Una

(a) Veanse las Memor. de la Acad. de las Ciencias del año de 1741. pag. 409.

Una vez, que la voz llega à formarſe, y ſe arregla ſu tono para ſer agradable, debe ſalir por la boca, y por las narices: es totalmente diferente de lo que ſuele ſer, quando ſale ſolamente por una de eſtas dos concavidades: deſagrada en extremo à los oyentes qualeſquiera que habla, ò que canta con las narices tapadas: comunmente dicen, que habla por las narices; expreſsion del todo impropria, como ſe vè, porque entonces cabalmente habla ſin ellas.

Se concibe ſin alguna dificultad, cómo dos cuerpos ſonoros executan ſeparadamente ſus vibraciones; como uno de ellos, v. g. acaba quatro en el miſmo tiempo que el otro hace dos, ò tres; porque la frequencia de eſtas vibraciones depende de un cierto grado de elaſticidad, que cada uno ſeparadamente tiene. Pero la dificultad eſtà en ſaber, cómo dos tonos diferentes ſubſiſten en un miſmo ayre en el miſmo tiempo, ſi los tonos no ſon en el ayre mas de lo que ſon en el cuerpo ſonoro; eſto es, una determinada frequencia de vibraciones? Cómo la miſma maſa de ayre puede hacer diſtintamente, y en el miſmo tiempo los ſonidos de dos cuerdas acordes por la octava, ſi una pide 100 vibraciones, y otra 200 por cada ſegundo?

Pero aun no tenemos expressada toda la dificultad en este punto; porque aun quando estos dos movimientos pudieran comunicarse, y mantenerse sin confusion en el mismo ayre, queda que saber todavia, por què el organo, que recibe en el mismo tiempo las dos impressiones, no percibe una sensacion mixta, ò compuesta de las dos, como la vista vè verde, quando la hieren al mismo tiempo dos rayos, uno amarillo, y otro azul?

Ninguno hasta ahora se ha fatigado mucho por responder à esta ultima question. En quanto à la primera, algunos han querido satisfacer, comparando el movimiento del ayre, que comunica los sonidos, à las undulaciones circulares, que nacen en el agua tranquila, quando se arrojan en ella algunas piedras; porque del mismo modo, dicen, que estas undulaciones se vàn cortando sin confundirse, y se extienden separadamente hasta la orilla del estánque; de este mismo modo el ayre recibe en el mismo tiempo diferentes tonos, y los comunica sin confusion alguna al oìdo.

Pero fuera de que no se explica un phenomeno con solo compararlo con otro: essa comparacion misma es defectuosa, y se desvanece enteramente toda la semejan-

za, si se mira con cuidado la naturaleza de los movimientos de una, y otra parte.

Quando una piedra cae en el agua, hace baxar la parte del fluido, que halla debaxo, y al mismo tiempo levanta las immediatas: cada una de las partes elevadas vuelve à caer aceleradamente mas abaxo de su nivèl, y hace subir à la otra, que se halla mas immediata, lo qual se và continuando, hasta que todas las partes vuelven à cobrar su antiguo equilibrio. Haciendose estos movimientos en una infinidad de rayos, que parten de un centro comun, ponen à la vista las undulaciones circulares de que se trata; las quales se vàn disminuyendo à proporcion que se extienden, y quanto mas se debilitan, quedan tanto mas lentas: esto proviene, ò de la causa que las produxo, ò del camino que han andado. Mas el movimiento del sonido en el ayre es del todo diferente; porque son vibraciones de un fluido elastico, las quales se transfieren con una velocidad uniforme, y no quedan ni mas prontas, ni mas lentas, aunque se varíe su tamaño, ò extension.

Por otra parte, quando las undulaciones del agua se entrecortan, no se puede negar, que en el lugar del choque se componga el movimiento de las masas, y de las ve-

velocidades de las partes que se encuentran, y que un cuerpo puesto en esta interseccion deba recibir el movimiento compuesto. No sucede lo mismo en dos sonidos, que obran sobre el mismo organo; cada uno hace su impresion, como si fuera solo, y el oìdo los distingue por dos sensaciones diferentes, aunque simultaneas. Asi la comparacion de las aguas nada explica, y quedan en piè las dos dificultades expressadas arriba.

Mr. de Mairàn, despues de haver dado pruebas evidentes de esta disparidad, propone sobre la propagacion de los sonidos un systèma tan simple, pero al mismo tiempo tan dichosamente imaginado, que se olvida muy presto, que sea una mera hypothesis, quando se aplica à los phenomenos: en esto conviene con el de los colores, asi como su Autor es muy semejante à Newton en muchas cosas.

Si se tratára de decidir, si las partes que componen la masa del ayre, son todas iguales entre sì, ò si unas son mas pequeñas que otras en toda série, y succession de grados, y fuesse preciso adoptar una de las dos suposiciones, quál de las dos adoptariamos? Y quál de las dos parecerìa mas verisimil? Como estas partes no son mas que un conjunto fortuito de partes mas sutiles, las quales

les se juntan, y desunen por mil diferentes causas, no se pudiera discurrir, que su diferencia en magnitud và *ad infinitum*, antes que suponerlas gratuitamente semejantes en todo?

Este pensamiento, sobre el qual se funda todo el systèma de Mr. de Mairàn, es el que solamente no passa de verisimil; porque todos los demàs son unas consequencias tan necessarias de este principio, que (una vez admitido) no se pueden negar.

Si las partes del ayre son diferentes en magnitud, deben serlo tambien por sus grados de elasticidad; assi como de una misma lámina de acero se harìan muelles unos mas violentos que otros, si se dividiera en partes desiguales. En qualquiera parte que se coloque un cuerpo sonoro, debe segun esto encontrar en la masa comun las particulas de ayre con un resorte analogo al suyo, y por consiguiente capaces de recibir, conservar, y comunicar sus vibraciones. Y assi dos cuerdas de diferentes tonos se oyen por la misma masa de ayre, aunque por diferentes partes de dicha masa. Siguiendo esta explicacion, se concibe facilmente cómo los tonos no se confunden en el fluido, que los transfiere, y comunica; pues de este modo dicho fluido, por lo que mira à sus dife-

ferentes partes, puede acomodarse à varias vibraciones unas mas frequentes que otras.

En quanto à la impresion de los sonidos en el organo, es preciso acordarse, que la lámina espiral, à quien se debe mirar como parte principal, es un conjunto de fibras, que vàn siempre disminuyendo desde la base hasta el extremo del canal, casi como las cuerdas de un Psalterio, ò de un Clave: cada una tiene una elasticidad proporcionada à su tamaño, lo que la hace capàz de moverse solamente por las vibraciones de una determinada repeticion. Y asi, quando dos tonos llegan al organo en el mismo tiempo, cada uno hace su impresion sobre la fibra, que tiene una elasticidad analoga con la frequencia de sus vibraciones; y estas dos sensaciones separadas producen dos idèas distintas: en una palabra, acontece à las fibras de la lámina espiral, lo que se observa en las cuerdas del Clavicordio, ò en qualquiera cuerpo sonoro, à quien se le toma el tono: si se toca una cuerda, luego resuena otra que està unisona, no solo en el mismo instrumento, mas tambien en qualquiera otro, si està immediato: si se habla en alta voz en un Almacen de Vidrios, en una Tienda de un Calderero, y en una Reposterìa,

en

en donde haya mucha vaxilla hueca, se oye resonar siempre alguna pieza, al mismo tiempo que las otras permanecen en un profundo silencio; mas si se muda de tono, yà otra pieza distinta es la que responde entonces con el eco.

Pero, dirà alguno, cómo puede ser que la cuerda movida escoja precisamente las partículas de ayre, que le convienen; y que el ayre interior de la oreja, que recibe su movimiento por la membrana del Tambòr, hiera con igual eleccion las fibras destinadas à recibir un determinado sonido?

La cuerda en efecto nada elige, y el ayre del oìdo hiere indiferentemente toda la Lamina espiral; mas los efectos son los mismos, que si tuviera eleccion: porque aunque varios cuerpos, que tienen diferentes grados de elasticidad, comiencen sus vibraciones en el mismo tiempo, si la causa que las mantiene, està fixa en un determinado grado de frequencia, las referidas vibraciones no pueden continuar, sino en aquellos, cùya elasticidad sea análoga à la determinada frequencia; porque los cuerpos, que por su naturaleza pudieran hacer, por exemplo, vibracion y media contra una, no se hallarìan à tiempo, como los otros, para recibir el segundo impulso; y su movimiento de-

vria disminuirse, ò cessar del todo. El cuerpo sonoro obra desde luego sobre todas las partículas del ayre, que lo circundan: mas no continúa eficazmente su accion, sino sobre aquellas, que son capaces de moverse como èl. Lo mismo sucede à las fibras de la Lamina espiral: y como nuestras sensaciones no llegan à perfeccionarse, sino por un movimiento de una determinada duracion, el primer impulso, que coge indistintamente toda la parte, ha passado yà, quando el alma percibe la impresion, que continúa sobre las fibras, que son aptas para esta especie de movimiento.

De lo dicho no se sigue, que la cuerda tocada no ponga, y mantenga absolutamente en movimiento mas que aquellas solas partículas de ayre, que tienen una analogìa precisa con su elasticidad: tambien obra sobre las que son *harmonicas*; esto es, sobre aquellas, cuyas vibraciones vuelven à comenzar con las suyas, despues de un determinado numero, y obra mas fuertemente sobre las mas harmonicas, ò que mas immediatamente vuelven à empezar con ella. Assi, la misma cuerda hace resonar desde luego, y con mas fuerza, que las otras, à las partículas del ayre, que son capaces de hacer tantas vibraciones, quantas ella hace,

y

y en esto consiste el tono principal: despues, y con menos fuerza, à las que no hacen mas que una vibracion contra dos; despues de estas, y tambien con menos fuerza à las que solo hacen dos vibraciones contra tres, &c. De suerte, que se puede decir, que un solo cuerpo sonóro hace siempre un concierto pequeño: es verdad, que estos sonidos harmonicos los encubre el sonido principal; mas quando este se disminuye, un oìdo algo delicado no tiene dificultad en distinguirlos.

Se pudiera preguntar aqui lo primero, por què no oìmos mas que una sola vez el mismo sonido, aunque tenemos dos orejas igualmente sensibles? Segundo: Por què razon entre tantos diferentes tonos hay algunos, que se dexan oìr mejor, que otros por algunas personas, que no tienen el oìdo muy delicado? Tercero: De què proviene, que los ruìdos, ò los sonidos de ésta, ò aquella especie, ò de tal, y tal fuerza nos commueven las entrañas, nos gustan, ò desagradan?

La unidad de sensacion, aunque producida por dos impresiones distintas, proviene sin duda de que el sonido hiere en partes perfectamente semejantes, y que tienen un punto de reunion comun en el cerebro; y es de presumir, que no se oyera por una de las dos orejas el sonido, que tocarìa por una

parte la quarta fibra de la lamina espiral, por exemplo, y por otra la sexta de la membrana del mismo nombre. Mas no es este el unico exemplo, que hay en la naturaleza de dos organos semejantes, que no representan mas que una vez su objeto, aunque obran igualmente. Ordinariamente no vémos duplicados los objetos, aunque es constante, que la imagen se pinta igualmente en ambos ojos; lo que sucede por una razon muy semejante à la que acabo de exponer, y de que hablarè mas en particular hablando de la vision.

La eficacia de algunos sonidos con preferencia à otros, que son algunas veces mas fuertes, pudiera atribuirse à algun vicio de la Lamina espiral, que no la comprehendiesse toda enteramente. Si, por exemplo, las dos extremidades de esta parte huviessen quedado menos sensibles, que el medio, por algun accidente, sea el que se quisiere; el sugeto que tuviere esta dolencia, no oirà con facilidad, sino los tonos medios entre los mas graves, y mas agudos; y si llegára à hablar delante de algun crecido numero de gente, se hallarìa infaliblemente entre ellos alguno, cuyo tono de voz producirìa su efecto en la parte sana, y en tal caso el paciente oirìa, sin que el otro hablasse mas

fuerte de lo que acostumbraba.

En fin los movimientos, que sentimos dentro de nosotros, quando oìmos sonidos, ò ruidos de una cierta especie, se explican tambien con facilidad (si no se busca mas que la causa general) por las diferentes impresiones, que se hacen sobre las partes nerviosas, que se extienden à todas las partes de nuestro cuerpo; porque los nervios son, como unas cuerdas elasticas, unas mas tirantes, y otras mas gruessas, y mas largas que aquellas; y de esta diversidad resulta, que entre todas las especies de movimientos trémulos, que los cuerpos sonóros pueden imprimir en el ayre, que nos circunda por todas partes, es casi impossible, que no haya algunas, que no sean capaces de recibir las fibras nerviosas de ciertas partes. Quando la impression es blanda, y moderada, la sentimos con gusto; mas quando es muy fuerte, de modo que pueda destruìr, ò desordenar la economìa de las partes, el alma, que mira por la conservacion del cuerpo, que aníma, la desaprueba, y se inquieta; y esto es lo que se llama *disgusto*, ò *dolor*.

Este es en general el modo, con que los sonidos, segun sus especies, despiertan nuestras passiones: algunas tonadas inspiran blandura, y amor al deleyte; otras atrevimiento,

y valor; éstas tristeza, aquellas alegria, &c. mas si quisieramos señalar las causas proximas, y decir determinadamente la razon de que tal Musica produzca tal efecto, discurro, que serìa muy temeraria la empressa; necessitabamos conocer con mas fundamento lo que es el hombre, y la trabazón, ò correspondencia, que hay entre sus diferentes facultades.

La Historia de la Tarantula, si es verdadera, (*a*) es un exemplo muy singular de los efectos de la Musica sobre el cuerpo humano: la picadura de este insecto, que es una especie de araña grande, harto comun en Italia, envenena, segun dicen algunos, la sangre, y causa accidentes molestissimos, que llegan tal vez à ser mortales. Quando se conoce, que alguno padece esta enfermedad, ensayan en su presencia diversas tonadas, è instrumentos, hasta que se encuentra el que le conviene para su salud; conocese esto por ciertos gestos, y movimientos en cadencia con que se agita el enfermo: entonces

(*a*) Despues de la primera edicion del presente volumen, se me ofreciò ocasion de vèr al señor Serrao, Medico sábio, Napolitano, quien me hizo desconfiar mucho de todo lo que se cuenta de la Tarantula. Vease su Obra *della Tarantola.*

ces dicen que danza, y puede ser, que con la misma impropriedad, que los Antiguos decian, que se muere riendo, quando se come la ceguta, (*a*) ò cañaheja por razon de algunos gestos, que veìan hacer à los que morìan de esta ponzoña.

Pero sease de esto lo que se quisiere, estas agitaciones, y saltos excitan ordinariamente una transpiracion saludable, la que procuran reiterar de quando en quando por el mismo medio, hasta que cessando los symptomas, anuncian la dissipacion de la ponzoña.

No solo en esta enfermedad puede la Musica producir buenos efectos, sino que se han visto muchas personas acometidas de tabardillo, que oyendo tocar una tonada con el violin, se han levantado de la cama, han saltado, sudado de fatiga, y sanado enteramente. (*)

En fin se atribuyen tambien al ruìdo de los truenos un numero grande de efectos maravillosos, algunos de los quales parece ha-

(*a*) Es bien diferente de la *Ferula*, llamada tambien *Cañaheja*. *Basil. epist.* 46. *Hieron. lib.* 1. *in Jovin.*

(*) *Histor. de l'Academ. des Scienc.* 1708. pag. 22.

haver sido tales en la realidad; pero serà la causa el temblor solo, que este meteoro excita en el ayre? O bien se deberà atribuìr à las exhalaciones, que reynan muy comunmente en tiempo de tempestad? No es esto muy facil de decidir.

DE LOS VIENTOS.

EL viento no es otra cosa, que un ayre agitado, ò una porcion de la Atmosphèra, que se mueve como una corriente, con una velocidad, y direccion determinada.

Este meteoro, mirando à su direccion, toma diferentes nombres, segun los diferentes puntos del Horizonte de adonde viene. Se llama viento del Norte, del Sùr, del Este, ò del Oeste, el que sopla por uno de estos quatro puntos cardinales. Viento Nord-Este, Sud-Oeste, &c. el que viene por entre el Norte, y el Este, y por entre el Sùr, y el Oeste, &c. Viento Nor-Nord-Este, y Sur-Surd-Oeste, &c. el que se inclina dos veces mas al Norte, que al Este, y dos veces mas al Sur, que al Oeste, &c.

Ordinariamente esta division de los vientos llega hasta treinta y dos. Vease la *fig.* 24. Pudieran todavia dividirse en mas, si fuera possible observar todas sus variaciones. Se pue-

pueden distinguir principalmente tres generos de vientos: unos que se llaman *Generales*, ò *Constantes*; porque soplan sin cessar en alguna parte determinada de la Atmosphèra; tales son los que llaman *brisas*, ò *vientos reglados*, que reynan continuadamente entre los dos *trópicos*, y cerca de ellos: otros *periodicos*, porque comienzan, y acaban siempre en algunos tiempos del año, ò en algunas horas del dia, como las virazones, que son el Su-Este, desde Octubre hasta Mayo, y Nor-Oeste, desde Mayo hasta Octubre entre la Costa de Zanguebar, y la Isla de Madagascar, ò bien el *viento de tierra*, y *viento de mar*, que se levantan siempre, éste por la mañana, y el otro por la tarde. Otros en fin *variables*, assi por razon de su direccion, como por su velocidad, y duracion.

La Historia de los vientos se conoce sobradamente por las observaciones de muchos Physicos, que han viajado, ò se han aplicado en sus Paìses por el discurso de muchos años al conocimiento de este meteoro. Mr. Muschembroek hizo una dissertacion sobre ellos muy curiosa, (*) en la que juntò, no so-

(*) *Ensayos de Phys. tom. 2. p. 878. Viages de Dampier, tom. 2.*

ſolo lo que èl obſervò, mas tambien lo que pudo recoger de los Eſcritos de los Señores Halley, Derham, &c. Su Obra ſe halla en todas partes; à la que remito al Lector curioſo. Pero mucho nos falta para eſtàr tan inſtruìdos de ſus cauſas; hablo de las mas remotas, de las que cauſan los primeros movimientos en la Atmoſphèra: porque ſe ſabe en general, que los vientos nacen immediatamente de la falta de equilibrio en el ayre; porque ſiempre que algunas partes de la Atmoſphèra ſe ponen mas peſadas, mas denſas, ò ſe elevan, ò comprimen mas que otras; quedando entonces mas peſadas, deben huìr, y eſparcirſe por donde hallan menos reſiſtencia, y llevarſe por delante las otras partes, que ſon mas débiles: poco mas, ò menos, como el agua en un canal, comprimida en un parage, por una piedra, que ſe arroja, ſe mueve formando olas de un extremo à otro; pero quièn fuè el que echò la piedra, quando vémos, que ſe agita la Atmoſphèra? eſto es lo que no ſe ſabe, ſino muy imperfectamente. (*)

Los Phyſicos, que han diſcurrido ſobre eſta materia, convienen todos en que los vientos pueden nacer de muchos, y diferen-

(*) Veanſe las Obr. de Mariotte, p. 340.

rentes principios: el frio, y el calor, que no domínan mas que en cierta parte de la Atmosphèra, mudan en ella la densidad del ayre, y consiguientemente su volumen, yà disminuyendolo, yà aumentandolo; y entonces las partes cercanas vàn à parar mas lexos, ò bien se estrechan mas. Si la causa, que enrarece el ayre, es arreglada, y continua, se concibe muy bien, que esta regularidad influye en el viento, que produce; y asi con mucha verisimilitud se atribuyen los vientos, que reynan del Este al Oeste en la Zona Torrida, al movimiento diario de la tierra, en la hypothesis de Copernico: porque como aquella porcion de Atmosphèra contenida entre los dos trópicos, presenta successivamente todas sus partes al Sol, experimenta por el calor de este Astro mil variaciones, que mudan continuamente, y con regularidad el equilibrio del ayre; y como el movimiento aparente del Sol se extiende en seis meses de un trópico al otro, estos vientos generales deben padecer algunas variaciones periodicas, y relativas à los diferentes aspectos del Sol, como en efecto se ha observado.

Las exhalaciones, que se unen, y fermentan juntas en la region média del ayre, pueden ocasionar tambien movimientos en

la Atmosphèra; este fuè el pensamiento de Mr. Homberg, y de algunos otros Sábios: y si los vientos pueden nacer de esta causa (como es muy posible) no es de extrañar, que soplen à bocanadas, y à ráfagas; porque las fermentaciones, à quienes se atribuyen, no pueden ser sino erupciones súbitas, è intermitentes.

Estas fermentaciones suceden con frequencia en las cuevas subterraneas por la mezcla de materias crassas, sulfureas, y salitrosas, que alli se hallan; por esto muchos Autores han atribuìdo los vientos accidentales à este genero de erupciones vaporosas. Refiere Connor, (*) que visitando las minas de la sal de Cracovia, supo de los Oficiales, y aun del Maestro mismo, que de los rincones, y senos de la mina, se levantaba algunas veces una tempestad tan grande, que trastornaba à los que trabajaban, y aun tal vez hasta sus mismas barracas: Gilbert, Gassendi, Scheuchzer, &c. hacen mencion de una multitud de cavernas de esta especie, de donde salian algunas veces vientos tan impetuosos, que recibiendo su origen baxo de la tierra, se esparcian, y continuaban por algun tiempo en la Atmosphèra.

Se

(*) *Disser. Medico-Physic. art. III. p.* 33.

Se citan tambien el descenso de las nubes, su reunion, y las lluvias grandes, como otras tantas causas, que producen, ò que aumentan el viento; y en efecto muchas veces una nube està para rebentar en tiempo de calma, quando repentinamente se levanta un viento muy impetuoso; la nube comprime al ayre colocado entre ella, y la tierra, y le obliga à que prontamente se difunda.

En fin, si se permite aventurar congeturas, despues de las citadas probabilidades, se pudiera tambien atribuìr el origen del viento à la mucha cantidad de ayre, que se desprende de los mixtos en algunos parages, y en ciertas estaciones. Porque yà vimos en el fin de la Leccion precedente, que quando este àyre està desprendido, ocupa mas lugar en la Atmosphèra, del que ocuparìa en los mixtos de quienes era parte. Ahora en el Otoño, por exemplo, si hace un tiempo humedo, y caliente, el qual cause una pronta, y abundante putrefaccion en las plantas, y hojas caìdas de los arboles, la Atmosphèra entonces se debe hinchar sobre los parages, en que dichos efectos se producen: deberà tambien refluìr sobre las partes mas cercanas; éstas sobre otras, y puede ser tan sensiblemente, que pueda ser causa de lo que llamamos *viento*.

Es-

Esta idèa pudiera llevarse mucho mas adelante, si se tomára por la parte opuesta; porque suponiendo, què la descomposicion de los mixtos pueda dàr prontamente una cantidad de ayre capàz de interrumpir el equilibrio de la Atmosphèra, se pudiera tambien discurrir, que en la Primavera, y en los parages, en que la naturaleza se ocupa mas en todas sus producciones, deberà absorberse mucho ayre: y que se pueden hallar tales circunstancias, en que pudiera con esto alterarse el equilibrio de la Atmosphèra. Pero no debemos fiarnos con tanta satisfaccion de una imaginacion, que no tiene pruebas sólidas, y convincentes, en que fundarse.

Muchos Physicos han intentado medir la velocidad de los vientos, entregando à éstos unas plumas pequeñas, y otros cuerpos ligeros; examinando despues quánto camino hacian en un determinado tiempo. Mas aunque semejantes experiencias parecen muy simples, y muy faciles; sin embargo sus Autores concuerdan tan poco entre sì en el cómputo, que nada se puede concluìr de cierto. Mr. Mariotte estableciò la velocidad del viento mas impetuoso de 32 pies por cada segundo. Y Mr. Derham la hallò de 66 pies de Inglaterra, en el mismo tiempo; esto es, cerca de una vez mas grande;

de

de dónde puede venir esta diferencia? A mi vèr esto consiste, en que estos dos hombres sábios no tenian una regla cierta, para juzgar precisamente, quál es el viento mas impetuoso: y es muy natural, que el primero tomasse por el mas fuerte de todos un viento, que podia tener aún mas fuerza.

Las veletas ordinarias, como todos saben, señalan la direccion del viento: mas solo à aquellas personas, que pueden vèr lo alto de los edificios en que estàn puestas, y que conocen los puntos principales del Horizonte del lugar. Para hacer mas cómmodo el uso de este instrumento, en lugar de hacer volver la veleta sobre su espiga, se dispone de modo, que esta dè vueltas juntamente con ella; y à la otra extremidad de esta espiga, que corresponde, si se quiere à un aposento, se ajusta un piñòn, que mueva una rueda estirada, y esta rueda à una aguja, que señale los vientos sobre un quadrante. *Veanse las Recreaciones Mathematicas de Ozanàm. tom. 2. pag. 45. edit. 1694.*

La fuerza del viento, assi como la de los otros cuerpos, depende de su velocidad, y de su masa; esto es, de la cantidad del ayre, que se mueve; y assi el mismo viento hace tanta mas fuerza, quanto el obs-

obstáculo sobre que obra, le presenta directamente mayor superficie; por esta razon se cogen mas, ò menos rizos en las velas de un navìo; y se visten tambien mas, ò menos las aspas de un molino de viento; y los arboles estàn menos expuestos en Invierno, que en el Estío à romperse por la violencia de los vientos; porque no hallandose adornados de hojas en Invierno, ofrecen menos superficie al impulso.

La fuerza relativa de los vientos se puede conocer por medio de un molino pequeño, cuyo arbol estè guarnecido de un husillo, sobre el qual se envuelve una cuerda, que mantenga un peso en el ayre; porque exponiendo esta máchina al ayre, y en una direccion conveniente, el molino empieza à dàr vueltas, y se para, quando el peso que tira sobre el husillo, le hace equilibrio; y como se conoce el tamaño de los rayos del husillo, facilmente se pueden comparar las fuerzas, que hicieron equilibrio con los vientos en diferentes tiempos.

Entre todas las máchinas aptas para medir los vientos, y que por esta razon se llaman *Anemómetros*, no he visto ninguna mas ingeniosa, ni mas completa, que la del Señor Conde de Ons-enbray, cuya descrip-

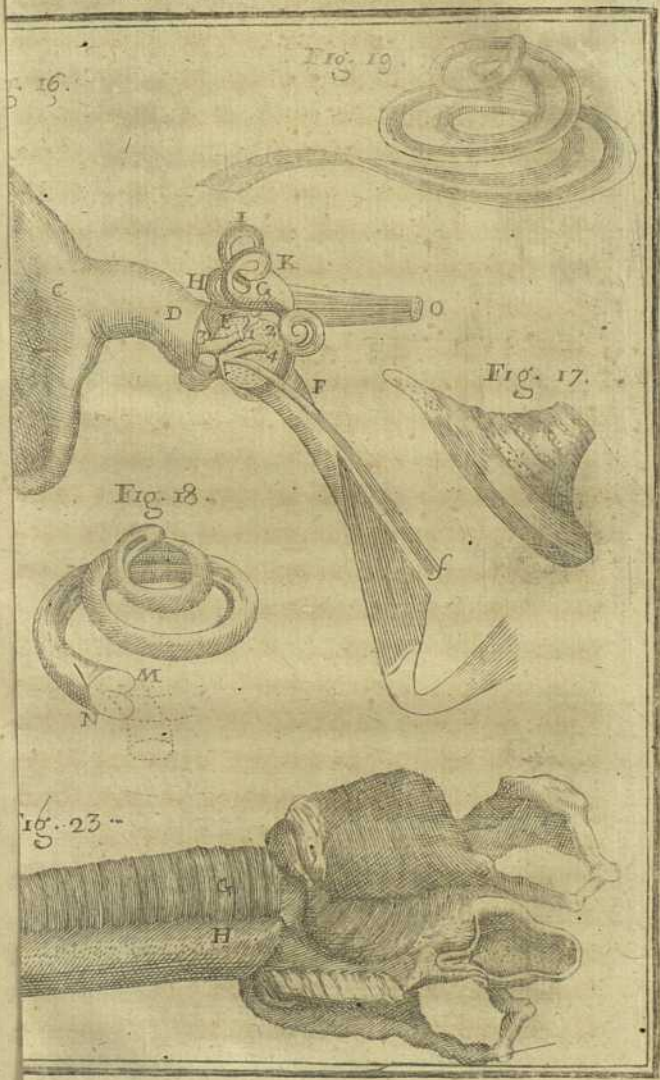


Fig. 19.
16.
I
K
H
G
C
D
E
O
3
4
F
Fig. 17.
Fig. 18.
f
M
N
Fig. 23.
G
H


Fig. 16.
Fig. 19.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
K
O
1
2
3
4
Fig. 17.
Fig. 18.
M
N
Fig. 23.
G
H

cripcion se halla muy extensa en las Memorias de la Academia de las Ciencias año 1734. No solo señala la velocidad, y direccion del viento; mas tambien le saca la cuenta al Observador, aunque ausente; pues se vèn despues de 24 horas los vientos que han corrido, y quál ha sido en este mismo tiempo la duracion, y velocidad de cada uno.

La naturaleza, que nada obra inutilmente, sabe aprovecharse de los vientos: estos son los que llevan à las nubes, para que mojen, y fertilicen las diferentes partes de la tierra; éstos los que las disipan, para que à la tempestad suceda la bonanza: por estos movimientos, y agitaciones el ayre se renueva, y se purifica: el calor, y el frio se passan de un Paìs à otro. Es verdad tambien que algunas veces se pierde en el trueque; porque si el viento viene de un parage enfermo, trahe consigo las malas qualidades, sirviendo de vehiculo al contagio; mas estos son casos particulares, y muy raros, y que no llegan à igualar al cumulo de ventajas, que sacamos del viento.

Nos admiramos quando vémos nacer algunas plantas en la cima de una torre, sobre un tronco de un arbol, &c. en donde ninguno naturalmente havrà querido in-

comodarse para sembrarlas: esto es obra unica del viento, el qual levanta la tierra hecha polvo, con las semillas, que el agua del Cielo hace brotar. La misma causa multiplica la grama, y otras hierbas del campo, acrecentandolas muchissimo en algunos parages, en que no las quisieran vèr los Labradores.

El Arte, que và siempre observando, è imitando à la naturaleza, ha hallado en los vientos motores poderosos, que nos acarrèan grandes comodidades, extendiendo prodigiosamente el comercio humano: què limitada no serìa la navegacion, si los Navìos no caminassen en el mar, sino à fuerza de remos, como las Galeras? Los viages largos serìan impracticables, no menos por su lentitud, que por las expensas del equipage; mas con el auxilio de los vientos, y de las velas, que reciben su impulso, un corto numero de Marineros por su maniobra conduce con mucha diligencia un pequeño Exercito de Soldados, ò un Almagacen enorme de mercancìas de una orilla del Oceano à la otra.

Què beneficios no sacamos de los molinos de viento, para moler el trigo, extraher el aceyte de las semillas, batanar los paños, asserrar tablones, moler los colores, ù

otras

otras qualesquiera materias, &c? Quántos hombres, y caballos serìa preciso emplear para hacer toda la harina, que el viento muele en el Monte de los Martyres, y en otras partes immediatas à Parìs? Todas estas operaciones, y utilidades se alcanzan con pocas expensas por medio de quatro aspas, que hacen el oficio de vectes, y que presentan su plano de un modo obliquo à la direccion del viento: la potencia, que obra continuamente sobre estos quatro planos inclinados, los obliga à que retrocedan sin cessar; lo que no puede executar, sino gyrando, y haciendo, que tambien gyre el arbol, en que estàn fixos.

Por una mecanica muy semejante hallan los muchachos el medio de elevar ciertas máchinas de papèl, que llaman *Cometas*, *Bilochas*, ò *Pandorgas*, porque la cuerda, con que las mantienen, està siempre atada, de modo, que este plano se presente obliquamente à la direccion del viento; y entonces el impulso del ayre tira siempre à hacerla subir, describiendo el arco de un circulo, que tiene por radio la cuerda, que tiene en su mano el que gobierna la cometa. Mas como es preciso que el exe A B estè siempre inclinado al ayre C D, con una obliquidad determinada, fuera de

la qual el impulso no obtendrìa yà el efecto esperado; se toma la precaucion de irle dando cuerda; por este medio, hallandose la Cometa en la extremidad de un arco semejante, pero de un circulo mayor, su exe *a b* està siempre igualmente inclinado al viento *c d*; y su grado de elevacion es mas grande. Vease la *fig.* 25.

Los beneficios del viento son tan commodos, y tan conocidas de todo el Mundo sus ventajas, que quando, ò no le hace, ò no nos hallamos en postura de aprovecharnos de èl, tomamos el trabajo de procurarlo artificiosamente, agitando el ayre con un abanico, ò con alguna cosa semejante para mitigar el calor, que nos sufoca; el Herrero se sirve de los fuelles para avivar el fuego; y el Panadero limpia su trigo haciendole passar por delante de una especie de rueda armada de quatro volantes, que hace dàr vueltas, para que moviendose el ayre por arriba, se lleve consigo el polvo. Este harnero, que debe su origen à la Alemania, se conociò, y perfeccionò en Parìs, y sus cercanìas por el cuidado del Señor de Hecbourg, Oficial antiguo de Artillerìa: yo sè por mì mismo, y por el mucho despacho, ò venta que he visto ha-

cer

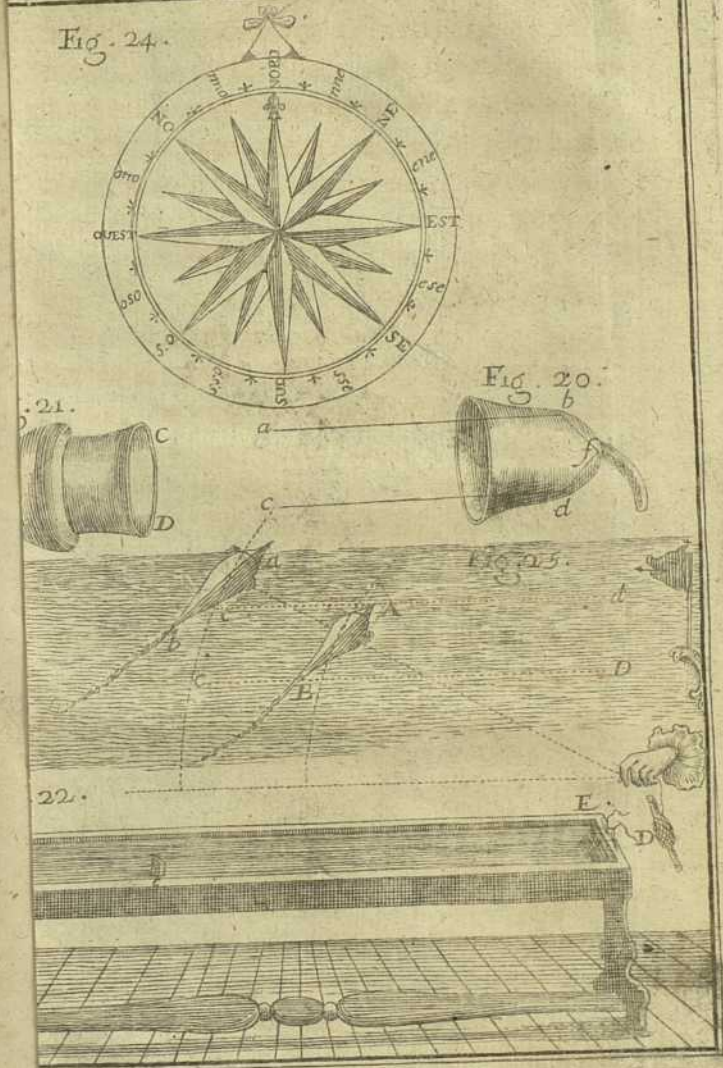


Fig. 24.
NORD
NE
EST
SE
SUD
OUEST
N.
Fig. 20.
a
b
c
d
C
D
Fig. 25.
A
B
C
D
d
E
D
22.

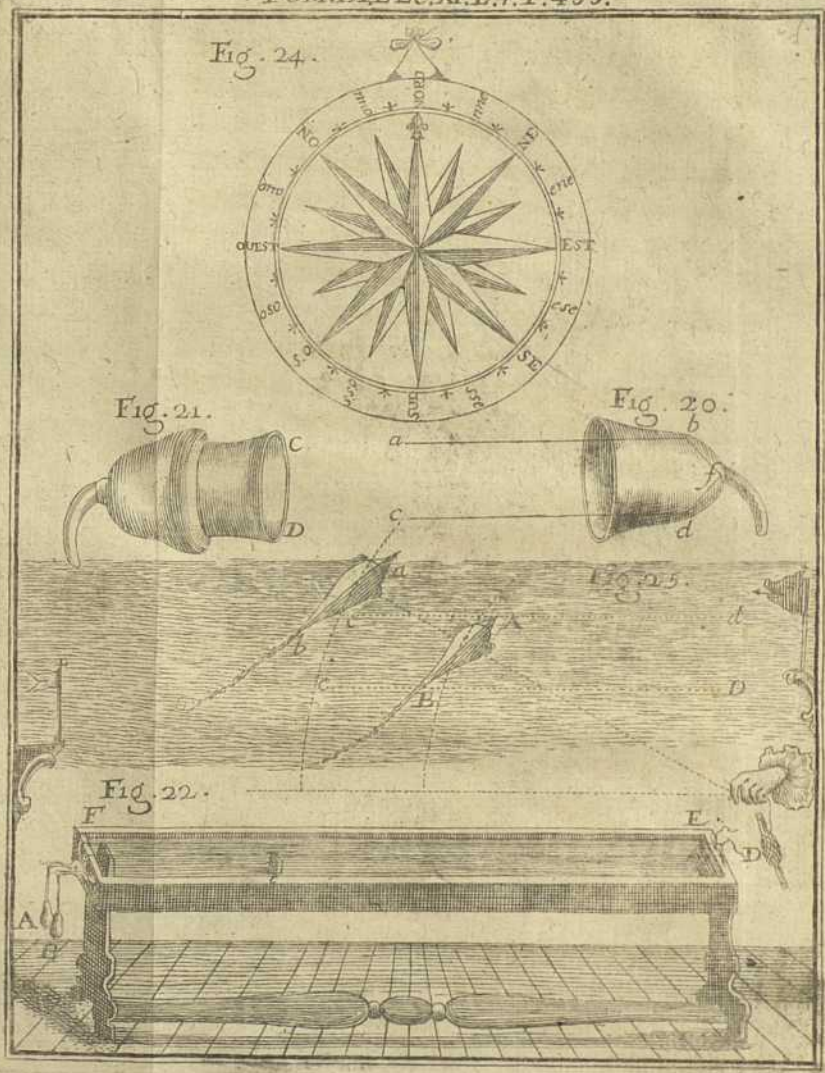


Fig. 24.
OUEST
EST
Fig. 21.
C
D
Fig. 20.
a
b
c
d
Fig. 25.
A
B
C
D
Fig. 22.
F
E
D
A
G

cer de esta máchina, quánta sea su utilidad para aquellos que tienen que limpiar, y conservar mucho grano.

FIN DEL TOMO TERCERO.

IN-

INDICE
DE LAS MATERIAS
CONTENIDAS
EN EL TOMO TERCERO.
LECCION IX.
SOBRE LA MECHANICA.

una

IX.

Des-

LECCION X.

III.

va

XIV.

LECCION XI.

Apli-

la

FIN

DEL INDICE DEL TOMO TERCERO.