

estas maquinas, se llama comunmente *Mechanica*, que es lo mismo, segun su derivacion del Griego, que *Invention ingeniosa*; y esta es la causa porquè sus maquinas se llaman *Ingenios*, y sus Arquitectos, *Ingenieros*, ò *Ingenieros*. Yo le doy el nombre de *Maquinaria*, para que le tenga diferente del que en nuestro vulgar idioma tienen las Artes, que no son liberales; y así digo, que la Maquinaria, es un *Arte que enseña la fabrica de tales Maquinas, que pueda con ellas qualquiera fuerza levantar, y mover qualquiera peso*.

Son estas innumerables, pues además de haver dimanado de este Arte prodigioso todos los instrumentos de que usan vulgarmente los Artifices; además de ajustarse à sus reglas el orden de los huesos, musculos, y nervios de nuestro cuerpo, que nos sirven para tan varios movimientos, como notò Galeno *lib. 1. de Placit. Hipocr. & Plat.* son casi sin numero las maquinas, que para efectos raros, y estupendos inventaron los antiguos, y perfeccionaron los modernos con admiracion del orbe; como las celebres estatuas de Memnon, la esfera de Archimedes, la paloma artificiosa de Architas, el paneracio de Simon Stevino, y otras muchas; pero todas estas se originan de las cinco principales, y fundamentales, de que trata Aristoteles en el libro de las cuestiones mechanicas; (si acaso es fuyo) y son la *Vestis*, *Barra*, ò *Palanca*; *Axis in Peritrochio*, el *Argue*, ò *Exe en la rueda*, ò *Torno*; *Trochlea*, ò *Garrucha*; *Cuneus*, ò *Cuña*; y *Cochlea*, que es la *Rosca*. Llamanse *fundamentales*, porque la virtud, y fuerza de las demás, toda consiste en la composicion artificiosa de las Maquinas sobredichas.



LIBRO I.

DE LOS PRINCIPIOS DE LA Maquinaria, y razon Physico-Mathemati- ca del aumento de la potencia por las Maquinas.

DEFINICIONES.

1 **C**uerpo grave, ò pesado, es el que se mueve, ò tiene propension àzia el centro de la tierra.

2. Gravedad, ò peso, es la virtud que tiene un cuerpo pesado, para moverse àzia el centro de la tierra.

3 Momento de un cuerpo grave, es la propension que tiene para moverse àzia baxo, originada no solo de su gravedad, ò peso, si tambien de la disposicion, y situacion de sus partes. Y así un peso menor equipondèra, y aun prepondèra à otro mayor, si se coloca en el brazo mas largo de la romana; lo que proviene no solo del peso intrinseco, si de su colocacion, y disposicion de la maquina: y esto es lo que llamamos igual, mayor, ò menor momento.

4 Centro de la gravedad de un cuerpo grave, es un punto dentro, ò fuera de dicho cuerpo, tal, que si de el se suspende, ò se concibe suspendido el cuerpo grave, conservará siempre una misma situacion, y equilibrio de sus partes. De todo lo dicho se tratará por extenso en la Estatica.

5 Pesos iguales son los que puestos en las balanzas de brazos iguales, pesan igualmente, sin baxar mas el uno que el otro: como 10. libras de plata, y 10. libras de plomo.

6 Pesos equilibres, ò puestos en equilibrio, son los que suspenden en el hastil de una romana, en igual, ò desigual distancia del exe, pesan igualmente, sin baxar mas el uno que el otro, ora sean dichos pesos iguales, ò desiguales. Así vemos, que el plomo, que pesa una arroba, hace equilibrio, y equipondera al peso de muchas arrobas, si se suspende à mayor distancia del exe.

7 Movimientos iguales son los que en igual tiempo caminan espacios iguales. Desiguales, los que en igual tiempo caminan espacios desiguales.

8 Un movimiento es mas veloz que otro, si en igual tiempo camina mayor espacio; y menos veloz, ò mas tardado, si en igual tiempo camina menor espacio.

9 Potencia motriz, es el cuerpo que puede mover à otro, y es en dos maneras, ò animada, como un viviente, ò inanimada, como piedra, ò plomo.

10 Línea de direccion de un cuerpo, ò de una potencia, es aquella línea recta, por la qual dirige su movimiento: ésta, en los cuerpos graves, es la que va del centro de la gravedad de dicho cuerpo al centro de la tierra; pero en las potencias animadas, las líneas de direccion pueden ser diferentes.

PROP. I. Theorema.

Explicase en qué consista el punto de la dificultad, de aumentarse las fuerzas de una potencia por las Maquinas.

Consta por la experiencia, que la potencia, cuyas fuerzas eran precisamente bastantes para vencer la resistencia de 100. libras de peso, si se aplica à qualquiera de las maquinas, que hemos de explicar en este tratado, llega à poder levantar peso de mil, dos mil libras, &c. y así indefinidamente. Es pues el assumpto de este primer libro, hallar la razón física, y el real, y verdadero principio de tan admirable efecto de la naturaleza, que sabido, servirá de fundamento para todo lo que se ha de tratar. Y supuesto, que casi todos los Autores reducen las maquinas

nas à una, como raíz de las demás, que es el peso que comunmente llamamos Romana: baltará por aora explicar en ella el punto de la dificultad presente. Digo pues, que como cada dia se experimenta, si dos pesos iguales A, y B, por exemplo, cada uno de quatro libras, (fig. 1.) se ponen en los puntos G, y D, en igual distancia del exe C; esto es, que las líneas CG, CD, sean iguales, estarán en equilibrio, sin vencer el uno al otro; pero si el peso B, se aparta algo mas del punto C, de fuerte, que la CD sea mayor que CG, vencerá al peso A, y le levantará. Y esto es de tal manera, que si lo que le falta à un peso menor para igualar con el mayor, se suple, dándole mayor distancia del exe en la misma proporcion, serán iguales las fuerzas del menor con la resistencia del mayor, y estará con él en equilibrio, como por exemplo: Siendo el peso A, doblado del peso F, si la distancia CE, es doblada de CG, podrá el peso F, tanto como el peso A, y estarán entrambos en equilibrio; y si se apartasse mas del exe C, preponderaría al peso A.

Donde se ve claramente, que quando las distancias son reciprocas con los pesos, hay igualdad de fuerzas, y equilibrio, y el peso menor puede tanto, como el mayor; como porque siendo el peso A, doblado de F, y la distancia EC, es doblada de GC, puede tanto el peso menor F, como el mayor A: y si la distancia CE, fuese mas que doblada de la GC, preponderaría el peso menor F, al mayor A. Confilte pues la dificultad presente en señalar la causa física, y real, por qué el menor peso F, puesto en mayor distancia del exe, puede tanto, ò mas que el peso mayor A.

Varios son los discursos que han hecho los Autores para explicar esta dificultad, verdaderamente una de las mayores de la Philosophia, y en que se necesita en gran manera del socorro de la Mathematica, para discurrir con acierto. No me detendré en impugnar sus sentencias: contentaréme con explicar mi sentir, que con pocas palabras infina el Autor de la Philosophia *Verus, & Nova*, en el tomo 1. lib. 2. trat. de la *Metaphys. disp. 3. quest. 4.* y el P. Milliet en el lib. 1. de la *Mecanica, prop. 17.* su explicacion se contiene en las proposiciones siguientes.

PROP.

PROP. II. Theorema.

Los movimientos son como los espacios, que con ellos se corren en un mismo tiempo.

LA razon es clara, porque moviendose un cuerpo siempre con el mismo movimiento, si en un minuto corre 10. varas de espacio, en otro minuto correrà otras 10. varas con el mismo movimiento: luego si el movimiento que tiene en el segundo minuto, estuviese tambien en el primero, en un minuto con movimiento doblado correria 20. varas: luego con doblado movimiento en un mismo tiempo se corre doblado espacio; y si fuere tresdoble el movimiento, tambien lo fuera el espacio: luego los movimientos son como los espacios que se corren en un mismo tiempo. Tambien los efectos guardan la misma proporcion que sus causas: luego doblado movimiento llevarà por doblado espacio à un cuerpo en el mismo tiempo.

PROP. III. Theorema.

Un cuerpo mueve à otro mediante su movimiento.

CONSTA de la experiencia, y es la razon, porque para que un cuerpo mueva à otro, y le saque del lugar donde se halla, ha menester impelerle, encontrando con el mediata, ò inmediatamente, como lo vemos en una bola, que para mover una otra, que està quieta, es menester corra hasta encontrar con ella, lo qual es movimiento: luego un cuerpo mueve à otro con su movimiento.

PROP. IV. Theorema.

Un cuerpo no puede comunicar à otro mas movimiento del que en si tiene.

LA razon es, porque un cuerpo mueve à otro con su propio movimiento; segun es su movimiento, así es el

el impetu que lleva; y segun este impetu, así es el impulso que imprime en el cuerpo movido; y segun es este impulso que causa el movimiento, así es el movimiento: luego segun es el movimiento del cuerpo que mueve, así, y no mas, ferà el del movido: luego este no puede ser mayor que el del cuerpo movente.

PROP. V. Theorema.

Tanto movimiento hay en un cuerpo que se mueve por espacio de 10. palmos, como en dos cuerpos iguales de por si con el primero, que en el mismo tiempo se mueven cada uno por espacio de cinco palmos.

SUPONGAMOS, que hay tres cuerpos iguales, cada uno de una libra de peso; y que en espacio de un minuto segundo se mueva uno de ellos, que nombrarèmos A, por espacio de 10. palmos; y los otros dos en esse mismo tiempo se muevan cada uno por espacio de cinco palmos. Digo, que el primero tiene tanto movimiento, como los dos juntos.

Demonstr. (1.) Los movimientos son como los espacios andados en el mismo tiempo. El espacio andado por el cuerpo A, es igual al que andan los dos juntos en el mismo tiempo, porque el cuerpo A, camina diez palmos en el mismo tiempo en que los otros dos caminan cada uno cinco, que juntos, hacen 10. palmos: luego el movimiento de A, es igual al de los otros dos. Tambien el movimiento del cuerpo A, es doblado del movimiento que lleva cada uno de los otros dos: luego es igual al que tienen entrambos juntos.

COROLARIO.

UN cuerpo de una libra de peso, que en un minuto segundo se mueve por espacio (sirva de exemplo) de 10. varas, tiene igual movimiento con un cuerpo de peso de dos libras, que en el mismo tiempo se mueve por cinco varas: consta de lo dicho, porque si dicho cuerpo de dos libras de peso estuviera dividido en dos partes cada una de una libra, y entrambas se movieran à un

misimo tiempo por espacio de cinco varas, el que es de una libra de peso, moviendose por espacio de 10. varas, tendria igual movimiento al de los dos sobredichos: luego lo mismo es, quando los dos cuerpos sobredichos unidos, componen uno del peso de dos libras.

ADVERTENCIA.

Consta de lo dicho, que habiendo, por exemplo, dos cuerpos, uno de una libra de peso, y otro de dos; y que al mismo tiempo en que el menor corre 10. varas, el mayor camina cinco, que entrambos tienen igual movimiento, y en este sentido, igual velocidad; porque cada libra del mas pesado tiene velocidad subdupla de la velocidad del que pesa menos; y entrambas juntas harán una velocidad igual à la del mismo peso menor, como tambien el espacio total; y segun todas las dimensiones que anda, ò por donde passa el cuerpo de doblado peso, es real, ò virtualmente igual al que en dicha suposicion corre el cuerpo de menor peso; pero el comun estilo, es juzgar de la velocidad por la longitud de la linea, que corre el centro del cuerpo que se mueve, sin atender à otra cosa: conque si un cuerpo de una libra de peso camina una linea de 10. varas en el mismo, ò igual tiempo, en que otro cuerpo que pesa dos libras camina otra de cinco, se dice ser la velocidad de aquel doblada de la de este: el qual estilo guardare siempre que fuere menester hablar de la velocidad, por no desviarme del que por uso tan frequente han recibido todos los Autores.

PROP. VI. Theorema.

Si dos cuerpos de gravedad desigual se mueven con igual cantidad de movimiento, el menos pesado caminarà con mayor velocidad.

Sean dos cuerpos, uno de dos libras de peso, y otro de una; y supongase que tanto impetu, y por configuiente, tanto movimiento tenga el uno, como el otro. Digo, que el cuerpo, que pesa una libra, caminarà con mayor velocidad que el que pesa dos libras. La razon es, porque el cuerpo que pesa dos libras, camina la misma linea que caminarìa cada mitad fuya, con la mitad del movimiento: luego si el cuerpo que pesa una sola libra, tiene el movi-

mien-

miento mismo que aquellas dos, caminarà una linea doblada; pero la velocidad (en el comun modo de hablar) es segun la linea que corre el cuerpo movido: luego el cuerpo que pesa una libra correrà con doblada velocidad que el que pesa dos con igual movimiento.

De aqui se colige la razon, porquè una nave grande, y cargada que camina lentamente, si encuentra con un pequeño, y ligero navichuelo, le hace correr con gran velocidad; y es porque con el impulso que le imprime, le comunica igual movimiento con el fuyo; y este, que repartido en mover tantas partes como componen el volumen del navio grande, solo le adelantava quatro varas (por exemplo) en tiempo de un segundo, hallandose todo en el navichuelo pequeño, y ligero, le mueve en esse mismo tiempo, haciendole correr una linea de espacio, sin comparacion mayor, por la razon sobredicha.

PROP. VII. Theorema.

En la Romana, siempre que el peso menor tiene tanto movimiento como el mayor, puede levantarle hasta el equilibrio.

ES la razon, porque un cuerpo mueve à otro mediante su propio movimiento: (3.) luego las fuerzas para moverle son à medida de su movimiento: supuesto pues que dos pesos, el uno mayor, y el otro menor, se coloquen en la romana, de tal fuerte, que en virtud de aquella disposicion tenga el uno tanto movimiento en la una parte del instrumento, como el otro en la otra, lucharàn entre si con iguales fuerzas: luego ninguno vencerà: luego havrà equilibrio.

PROP. VIII. Theorema.

En la Romana, siempre que las velocidades son reciprocas con los pesos, hay equilibrio. (fig. 1.)

Confíderese la romana GE, levantada en IH, y sea el peso I doblado del peso H; y el arco HE, que ha

Tomo III.

Gg

de

de correr el peso H, para restituirse à la situacion horizontal GE, sea doblado el arco IG, que ha de correr el peso I, para dicho efecto: de fuerte, que así como el peso I, es doblado del peso H, así el arco HE, es doblado del arco IG, que es proporcion reciproca. Digo, que en esta disposicion hay equilibrio.

Demonstr. Por ser la velocidad de H doblada de la velocidad de I, y ser el peso I doblado de H, tanto movimiento tiene el peso I, como el peso H: (corol. 5.) luego (7.) el peso H, levantará al peso I, hasta el equilibrio GE.

PROP. IX. Theorema.

Siempre que en la Romana las distancias del exe son reciprocas con los pesos, hay equilibrio. (fig. 1.)

Sea como el peso A con el peso F, así la distancia EC del peso F, à la distancia CG del peso A. Digo, que habrá equilibrio.

Demonstr. Por ser CE doblada de CG, será el arco HE doblado del arco IG: luego la velocidad HE, es doblada de la velocidad IG, por ser las velocidades como las líneas que se caminan, como dixe en la *propos. 5.* luego la velocidad del peso F à la del peso A, es como el peso A, al peso F, que es ser reciprocas: luego (8.) hay equilibrio.

PROP. X. Theorema.

Quando la velocidad del peso menor à la del mayor, tiene mayor razon, que el peso mayor al menor, vence el menor al mayor, y le levantará.

(fig. 2.)

Sea el peso A doblado del peso B; pero puestos en la romana, y levantandola à la situacion DE, será el arco EB, que camina el peso B, triplo del arco AD, que camina el peso A: conque será mayor la razon de la velocidad de B, à la velocidad de A, que la del peso A à B. Digo, que el peso B, levantará al peso A, y tendrá mayor momento.

De-

Demonstr. (8.) Quando la velocidad del peso B, à la del peso A, es como el peso A, al peso B, hay equilibrio, por tener tanto movimiento el uno como el otro: luego siendo mayor la velocidad del peso B, respecto de la del peso A, que lo es el peso A, respecto del peso B, tendrá mas movimiento el peso B, que el peso A: luego el peso B tendrá mayor potencia, y fuerza contra el peso A; de fuerte, que será mayor que la fuerza que tiene dicho peso A para resistir al peso B: luego vencerá el peso B.

PROP. XI. Theorema.

Quando las distancias del exe tienen entre sí mayor razon que los pesos, vence el peso menor al mayor. (fig. 2.)

Sea la distancia BC tripla de la distancia AC; y el peso A sea solamente doblado del peso B. Digo, que el peso B vencerá al peso A.

Demonstr. Siendo la distancia CB tripla de CA, será el arco EB triplo del arco DA: luego la velocidad del peso B, es tripla de la velocidad del peso A; y siendo éste solamente duplo del peso B, tendrá mayor razon la velocidad del peso menor B, con la del peso mayor A, que tiene el peso A con B: luego (10.) vencerá el peso B al peso A.

PROP. XII. Theorema.

El principio fundamental del aumento de la potencia motriz por las máquinas consiste, en que en virtud de ellas tiene la potencia igual, ò mayor movimiento que el que se ha de mover.

Consta de lo dicho, porque un cuerpo mueve à otro mediante su propio movimiento: luego siempre que en virtud de alguna maquina podrá tener igual, ò mayor movimiento, al que en el mismo tiempo ha de tener el cuerpo pesado, quando le levante, le podrá mover, y levantar hasta el equilibrio, ò mas adelante: luego quando una potencia, que por sí sola no puede tener en el mis-

Gg 2

mo-

mo tiempo igual movimiento al que ha de tener el peso, caso que se mueva, no le puede mover por sí sola; y si se aplica à las maquinas, ya puede adquirir dicho movimiento, y podrá con ellas mover el peso, aunque sea excesivo: esto pues sucede en todas las maquinas; porque, como veremos en este tratado, en todas ellas se aumenta el movimiento de la potencia, hasta ser mucho mayor que el del peso: de tal suerte, que es mas excesiva la velocidad de la potencia, respecto de la del peso, que lo es el peso, respecto de la potencia; y así no es de extrañar mueva una debil potencia un grande, y enorme peso.

Aunque todo esto consta de las proposiciones antecedentes, y queda en ellas bastantemente demostrado, quiero añadir à lo dicho mayor luz con la explicacion siguiente.

Sea pues (fig. 3.) el peso A de dos arrobas; y tomando la distancia CD igual à CB, colóquese en D el peso E de una arroba. No hay duda que cada arroba de las dos que tiene el peso A, (5.) corre un arco igual à BH al mismo tiempo que una arroba E corre un arco BI igual à BH: luego el peso A corre dos arcos iguales à BH al mismo tiempo que E corre uno: luego el peso A tiene doblado movimiento que el peso E puesto en D; y así prevalecerà A contra E, y éste no le podrá mover.

Si el mismo peso E se passà à F, de suerte, que la distancia CF sea doblada de CB; mientras las dos arrobas del peso A corren dos arcos HB, el peso de una arroba puesto en F, correrà el arco FK doblado de HB: luego tiene allí igual movimiento; y así ninguno prevalecerà contra el otro, y havrà equilibrio.

Passé el mismo peso E à L, de manera, que CL sea tripla de CB; y mientras las dos arrobas del peso A corren dos arcos HB, correrà el peso de una arroba, puesto en L, el arco LM, triplo de HB: luego tiene mayor movimiento: luego vencerà, y levantará al peso A puesto en B.

Lo mismo que he dicho comparando dos arrobas con una, dirè comparando dos libras con una; dos onzas con una; dos adarmes con uno; dos granos con uno;

y

y así infinitamente: luego siempre que en virtud de la maquina tiene el peso, ò potencia menor, mayor movimiento que el peso mayor, prevalecerà contra él. Todo esto se verá con claridad en las maquinas que se explicarán en los libros siguientes.



LIBRO II.

DE LA PRIMERA MAQUINA fundamental, llamada Barra, ò Palanca.

LA barra, ò palanca, que los Latinos llaman *Vectis*, los Griegos *Moclos*, y los Marineros *Manuella*, es entre las demás maquinas fundamentales la primera, ya por ser la mas facil de entender, ya por reducirse à ella, fino todas, muchas de las demás: es entre todas la mas simple; pero de tanto poder, que se puede con ella levantar un peso igual al de la tierra; por lo que atribuyò la antigüedad sus maravillosas fuerzas al Tridente de Neptuno, creyendo que à su impulso se comovia la tierra, como cantò Virgilio, 1. Georgic.

Magno Tellus percussa Tridenti.

Pero antes de entrar en la especulacion de ésta, y las demás maquinas, quiero dar al Lector las advertencias siguientes. 1. Que la propia medida de las fuerzas de una potencia, es el peso que precisamente puede levantar con igual velocidad à la del peso: como si un hombre puede levantar à lo mas 100. libras de peso, moviendose su mano con igual velocidad que el peso, diremos ser sus fuerzas iguales à las de 100. libras de peso. 2. Que en todas las maquinas se prescinde de la gravedad, y renitencia propia de la ma-

te-