

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.

**L**A 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 fácil 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 atribuyó 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-

teria que las compone, sin atender mas que à la resistencia del peso que resiste, y à las fuerzas de la potencia que le vence.

## DEFINICIONES.

1 **B**arra, ò Palanca, es una pertiga de hierro, ò madera que sirve para levantar cosas de mucho peso. Se han de distinguir en ella tres cosas principales, que son la potencia que mueve; el peso, ò cuerpo grave movido; y el apoyo sobre que estriva, llamado en Latin *Fulcrum*, y en Griego *Hipomochlion*; y es aquel punto en que estriva la Palanca, y que sirve de centro al movimiento con que se levanta el peso. Como en la fig. 4. GP es la barra, ò palanca; P es la potencia; G el peso; y F el apoyo, ò hipomochlio, que sirve de centro para el movimiento de la potencia por el arco PI; y del peso por GH.

Tres generos hay de palanca, por lo que se llaman de primero, segundo, y tercer genero.

2 La *Vectis*, ò Palanca del primer genero, es aquella en que el *Hipomochlio* se halla entre el peso, y la potencia. Como (fig. 4.) la *vectis*, ò palanca GP es del primer genero, por tener el hipomochlio F entre el peso G, y la potencia P.

3 La *Vectis*, ò Palanca del segundo genero, es aquella en que el peso està entre el hipomochlio, y la potencia. Como (fig. 5.) la palanca FP es del segundo genero, por tener el peso G entre el hipomochlio F, y la potencia P.

4 La *Vectis*, ò Palanca del tercer genero, es aquella en que la potencia està entre el hipomochlio, y el peso. Como (fig. 6.) la palanca FG es del tercer genero, por aplicarse la potencia P entre el hipomochlio F, y el peso G.

PROP.

## PROP. I. Theorema.

*Si la potencia, y el peso tienen en la Palanca razon reciproca con las distancias del Hipomochlio, sustentará la potencia al peso, pero no le podrá levantar sobre el equilibrio. (fig. 4.)*

**E**L peso G, tenga con la potencia P la razon misma, que la distancia PF à la distancia GF. Digo, que la potencia sustentará el peso en el equilibrio; pero no le podrá levantar, si que entrambos quedarán en situacion horizontal, sin levantarse mas la potencia que el peso, ni al contrario. La razon es la misma que dixè en la prop. 9. lib. 1. de los pesos en la romana; porque siendo las distancias reciprocas con la potencia, y el peso, seràn los arcos, ò velocidades PI, GH, reciprocas con la misma potencia, y peso: luego, ni el peso vencerà à la potencia, ni èsta al peso. Lo que he explicado en la palanca del primer genero, se ha de entender tambien de las demàs.

## PROP. II. Theorema.

*Si la potencia al peso tiene mayor razon, que la distancia del peso à la distancia de la potencia, contadas del hipomochlio, la potencia vencerà, y levantará el peso. (fig. 4.)*

**S**ea el peso G de una arroba, y la potencia P sea bastante para levantar, sin maquina alguna, una arroba; y la distancia GF sea la mitad de la FP: conque la razon de la potencia al peso, es de igualdad; y la razon de la distancia del peso à la de la potencia, es de menor desigualdad. Digo pues, que por ser mayor la razon de la potencia al peso, que la distancia de èste à la de aquella, vencerà, y levantará la potencia al peso.

*Demonstr.* Supongase en P otra potencia O, que tenga con el peso G, la misma razon que la distancia GF à la FP. Esta potencia (1.) tendrá equilibrio con el peso: la potencia P, por tener mayor razon con el peso, que la distancia GF à la FP, es (10.5. Eucl.) mayor que la potencia O: lue-

go es mayor que la que está en equilibrio con el peso G: luego es forzoso le venza, y levante.

## PROP. III. Theorema.

*Si la distancia de la potencia, à la distancia del peso, contadas del hipomochlio, tiene mayor razon que el peso à la potencia, vencerà esta, y levantará al peso. (fig. 4.)*

**L**A distancia FP, tenga con la distancia FG, mayor razon, que el peso G à la potencia P; esto es, por exemplo, sea FP tripla de FG, y el peso G sea duplo de la potencia P. Digo, que la potencia vencerà, y levantará al peso.

*Demonstr.* Así como el peso G es duplo de la potencia P, hagase la distancia FL, dupla de la distancia FG, y será FL menor que FP: (10.5. Eucl.) y la potencia P, si se aplica en L, tendrá equilibrio con el peso G, por ser las distancias reciprocas; y por consiguiente, será su velocidad à la del peso, como éste à la potencia: si se aplica en P, tiene mayor velocidad que en L: luego la potencia misma, aplicada en P, tiene mayor velocidad, respecto de la del peso, que son las fuerzas del peso, respecto de las de la potencia puesta en P: luego, segun el principio fundamental, (12.1.) la potencia en P vencerà, y levantará al peso G.

## PROP. IV. Theorema.

*Si el peso à la potencia tiene mayor razon, que la distancia de la potencia à la del peso, la potencia no podrá levantar, ni aun sustentar el peso. (fig. 4.)*

**T**enga el peso G mayor razon con la potencia P, que la distancia FP tiene con la distancia FG: como por exemplo, sea el peso G, triplo de la potencia P; y la distancia FP, dupla de FG. Digo, que la potencia no podrá mover, ni aun sustentar el peso en equilibrio.

*Demonstr.* Supongamos una otra potencia O en P, tal, que el peso à la potencia O, tenga la misma razon, que la distancia FP, à la distancia FG: conque el peso G tendrá

me-

menor razon con la potencia O, que con la potencia P; y será (10.5. Eucl.) O mayor que P. Esto supuesto, por ser el peso G à la potencia O, como FP à FG, será la potencia O (1.) precisamente bastante para sustentar el peso G en el equilibrio: luego la potencia P, que es menor, no será bastante para sustentar dicho peso en el equilibrio, y mucho menos para levantarlo.

## PROP. V. Theorema.

*Si la distancia del peso tiene mayor razon con la distancia de la potencia, que la potencia con el peso, no podrá la potencia levantar, ni sustentar dicho peso.*

(fig. 4.)

**L**A razon de la distancia FG, à la distancia FP, sea mayor que la que tiene la potencia P al peso G: como por exemplo, sea la distancia GF, la mitad de la FP; pero la potencia P sea solo un tercio del peso G. Digo, que la potencia, ni podrá levantar, ni aun sustentar el peso en el equilibrio.

*Demonstr.* Pongase en P otra potencia O, que tenga con el peso la misma razon que GF à FP, y la potencia O tendrá mayor razon con el peso G, que la potencia P con el mismo peso; conque la potencia O será mayor que P; pero por tener la potencia O con el peso G, la razon misma de GF à FP, sustenta al peso G precisamente en el equilibrio: luego la potencia P, siendo menor que O, no podrá moverle, ni aun sustentarle en el equilibrio.

*Todo lo dicho se demuestra de la propia suerte en las palancas del segundo, y tercer genero.*

## PROP. VI. Theorema.

*A tantas potencias iguales equivale una sola en la Palanca, quantas veces cabe la distancia entre el peso, y el hipomochlio, en la distancia entre el hipomochlio, y la potencia.*

(fig. 7.)

**S**upongamos, que la potencia L es precisamente poderosa para sustentar sin maquina alguna 100. libras de

pe-

pelo: y pongase en el un cabo de la palanca la potencia L, y al otro cabo un peso M, de fuerte, que la distancia HM, quepa quatro veces en la distancia HL. Digo, que la potencia L equivale à quatro potencias iguales à ella; y así, que podrá sustentar en esta disposicion 400. libras de peso. La razon consta de la *propof.* 1. porque si la potencia L, es igual à 100. libras, y el peso M, es de 400. libras, así como la distancia HM cabe quatro veces en HL, así la potencia L cabe, en quanto à la virtud, quatro veces en el peso M: luego la potencia, y el peso son reciprocos con las distancias: luego hay equilibrio entre la potencia, y el peso.

## PROP. VII. Theorema.

*En una misma distancia de la potencia al hipomochlio, quanto mas se acerca el peso al hipomochlio, tanto mas se aumentan las fuerzas de la potencia.*

**L**A razon consta de la propoficion passada; porque quanto mas se acerca el peso al hipomochlio, tanto mas veces cabe su distancia del hipomochlio, en la distancia invariada del hipomochlio à la potencia: èsta (6.) equivale à tantas potencias iguales à sí, quantas veces cabe la distancia del peso en la distancia de la misma potencia: luego tanto mas crecen las fuerzas de la potencia, quanto, conservando la misma distancia, se acerca mas el peso al hipomochlio.

## PROP. VIII. Theorema.

*Quanto mas se disminuye la velocidad del peso, y se aumenta la de la potencia, tanto mas crecen las fuerzas de la potencia. (fig. 4.)*

**C**ONSTA de lo dicho, y del principio fundamental de el aumento de la potencia en las maquinas: porque quanto mas se acerca el peso al hipomochlio, tanto mas crecen las fuerzas de la potencia, conservandose èsta en la misma distancia. En este mismo caso, quanto mas se acerca el peso al hipomochlio, tanto menor es la velocidad con  
que

que se mueve (porque si el peso G se passa à Q, tanto menor es la velocidad, ò arco QR, que la velocidad G, quanto FQ es menor que FG): luego quanto es menor la velocidad del peso, respecto de la velocidad de la potencia, tanto mas crecen las fuerzas de èsta. Asimismo se prueba, que conservando el peso su misma velocidad, quanto mas se aumenta la de la potencia, tanto mas crecen sus fuerzas; y si por una parte, en virtud de qualquier maquina, se disminuye la velocidad del peso, y se aumenta por otra parte la de la potencia, crecerán mucho mas sus fuerzas.

## PROP. IX. Theorema.

*Aplicase la doctrina sobredicha à las Palancas de segundo, y tercer genero.*

**1** **S**Ea (fig. 5.) FP la palanca del segundo genero, en quien se coloque el peso en G, y la potencia en P; y el hipomochlio sea F: y si la distancia PF à la distancia FG, fuere como el peso G, à la potencia P, havrà equilibrio, y podrá la potencia precisamente sustentar el peso; pero si dicha razon de las distancias fuere menor que la del peso à la potencia, ò la distancia del peso à la de la potencia tuviere mayor razon que la potencia al peso, no le podrá mantener en el equilibrio. Consta de las *propof.* 1. 4. y 5. de este libro. Tambien si la distancia FP, à la FG, tiene mayor razon que el peso G, à la potencia P, vencerà, y levantará la potencia al peso. Consta de la *prop.* 3.

**2** **S**ea (fig. 6.) FG la palanca del tercer genero, cuyo hipomochlio es F, la potencia P, y el peso G. Si la distancia PF à la distancia GF, es como el peso G, à la potencia P, podrá sustentar èsta al peso en equilibrio; y si el peso G à la potencia P, tiene mayor razon que la distancia PF à la distancia GF, no le podrá mover: consta de la *propof.* 1. y 4. Pero si la distancia PF, à la distancia GF, tiene mayor razon que el peso G à la potencia P, la potencia levantará al peso, por la *prop.* 3.

Aqui se ha de advertir, que la palanca del tercer genero no añade fuerzas à la potencia para vencer el peso; por-

porque siendo en ella necesariamente mayor la velocidad del peso, que la de la potencia, por distar mas que ella del hipomochlio, mayor fuerza ferà menester para levantar, y mover el peso en esta palanca, que sin ella; porque sin ella tendria la potencia igual velocidad con el peso, y con ella la tiene menor. Pero aunque esto es así, no se ha de tener por inutil; porque como notò el P. Zucchio, aprovecha en gran manera para muchos casos, en que siendo esforzada la potencia motriz, necesitamos de que el peso se mueva con gran velocidad.

## PROP. X. Theorema.

*Aplicase la misma doctrina à otros instrumentos ordinarios.*

**N**O solo sirve la palanca para levantar los cuerpos pesados, si tambien para cortarles, y dividirles entre sí, y superar facilmente qualquiera resistencia.

<sup>1</sup> Para arrancar, ò separar una piedra de otra, como (fig. 8.) M, N, usan comunmente los Artifices de la palanca OQ. De tal fuerte, que si se ha de remover, y apartar la piedra M, quedando firme la piedra N, servirá ésta de hipomochlio en el punto P; el resistente ferà M en la extremidad O; y la potencia estará colocada en el cabo Q, y será QQ palanca del primer genero; y quantas veces PO cupiere en PQ, tanto mas fuerzas tendrá la potencia, iguales à la fuerza natural que tiene sin la maquina. Y si la piedra que se ha de remover fuesse N, serviría la piedra M de hipomochlio en el punto O; el resistente sería N en el punto P; y la potencia en Q, cuyas fuerzas se aumentan tantas veces, quantas PO cabe en OQ; y será palanca del segundo genero: de que se colige, que siendo igual la resistencia de una, y otra piedra, primero cederà, y se removerà la N, que la M; porque mas veces cabe OP en OQ, que en PQ; y por consiguiente, mas puede la potencia Q contra la piedra N, que contra M.

<sup>2</sup> Para arrancar un clavo R, usamos del martillo, y formamos como una palanca del segundo genero, cuyo resistente es R, el hipomochlio S, y la potencia está en T.

<sup>3</sup>. La

<sup>3</sup> La fuerza de las tenazas tambien consiste en componerse de dos palancas del primer genero, que tienen el hipomochlio comun à entrambas, y es (fig. 9.) el clavo V; el cuerpo resistente, que se ha de asir, ò arrancar, está en R, y la potencia en XZ; y quanto menor fuere la distancia VR, y mayor la VZ, mayores serán las fuerzas de la potencia: y lo mismo es en las tixereras por la misma razon, y en otros muchos instrumentos semejantes.

## COROLARIO.

**D**E lo dicho se colige, que en la palanca del segundo genero, la potencia que puede precisamente sustentar el peso, siempre es menor que es peso, por estar siempre en mayor distancia del hipomochlio que es el peso: en la palanca del tercer genero siempre es mayor, por la razon contraria; pero en la del primer genero puede ser la potencia mayor, menor, ò igual con el peso.

## PROP. XI. Theorema.

*De lo dicho se colige quan grandes sean las fuerzas de los musculos de nuestro cuerpo. (fig. 10.)*

**E**L principal instrumento, que sirve para executar los movimientos de nuestro cuerpo, y para levantar, y sustentar las cosas pesadas, son los musculos, que compuestos de porciones carnosas, y tendinosas, están asidos, mediante los tendones, à los huesos, à quienes, ya contrayendose, ya relaxandose, mueven, levantan, doblan, ò enderezan, formando este movimiento cerca de las articulaciones, ò junturas. Aqui se ve claramente ser el hueso una palanca, ò vectis à quien rige, y mueve la potencia aplicada, que es el musculo, levantando, y sustentando con su contraccion grandes pesos.

Esta maquina es ciertamente palanca del tercer genero, como se ve en la fig. 10. en quien EA es el ombro; el codo, y mano, AB; y el musculo que sirve para levantar, y sustentar el codo, sea DC: éste se une con el hueso del ombro en D; y con el hueso AF del codo, no en F, por muchas razones que no son para este lugar, y son bien claras,

ras, si en C; y porque el movimiento del codo AF se hace en la articulacion sobre el punto O, que es el centro de dicho movimiento, es cierto ser el codo, y mano AB una palanca, cuyo hipomochlio es O; el peso está en B; y la potencia motriz en C: luego (def. 4.) es palanca del tercer genero, en quien la potencia siempre es mayor que el peso; (córól. antec.) y estando la potencia tan cerca del hipomochlio, es forzoso sean muy poderosas, y robustas sus fuerzas.

Y para que se vea quantas sean, supongo, que en dicha postura recta, y horizontal del brazo, sustentante la extremidad B un peso R, que sea el mayor que precisamente pueda sustentar la potencia: el qual, segun consta por la experiencia, puede ser à lo mas, en un mozo robusto, de 26. libras, à que se ha de añadir el peso de mano, y brazo, que aunque es casi de 4. libras; pero por no estar todo en B, hace efecto, ò gravamen de 2. libras: es pues el peso que sustentada en esta postura la potencia DC 28. libras. La distancia verdadera que hay de la potencia C al hipomochlio O, es la OI perpendicular à la direccion CD, como se verá en su lugar; y la distancia del peso es BO, de fuerte, que caberá OI en OB mas de 20. veces: luego la robustez, y fuerza de la potencia del musculo, es à lo menos veinte veces tanto como 28. libras, (6.) que son 560. libras. Digo pues, que sin la maquina equivale la fuerza de este musculo à 560. libras de peso. Esta fuerza la tiene el musculo en virtud de otra maquina, como en su lugar veremos.

## PROP. XII. Problema.

*Mover qualquier peso con qualquiera potencia con la Palanca del primero, y segundo genero. (fig. 11.)*

**E**L peso dado sea B de arbitraria magnitud: sea A la potencia dada, tan debil como se quiera. Digo, que esta potencia podrá mover el peso B, aplicada à la palanca del primero, ò segundo genero, en la forma siguiente. Como el peso B no sea infinito, es cierto tendrá alguna proporcion con las fuerzas de la potencia A. Dividase pues la pa-

palanca CD en E, de tal fuerte, que CE à ED tenga la misma proporcion que el peso B à la potencia A: pongase el hipomochlio en E, el peso en D, y la potencia en C; y por ser las distancias reciprocas con el peso, y potencia, habrá entre estos equilibrio; (1.) y si el peso se acerca un poco mas al hipomochlio, podrá la potencia levantar el peso en esta palanca del primer genero.

De la misma fuerte obraremos en la palanca del segundo genero FH, si se divide la palanca en G de tal fuerte, que toda entera, à la porcion GH, tenga la misma razon que el peso B à la potencia A; porque colocando el hipomochlio en el extremo H, la potencia en F, y el peso en G, será la distancia FH de la potencia, à la distancia GH del peso al hipomochlio, como el peso B à la potencia A: luego estarán en equilibrio, y por poco mas que se acerque el peso al extremo H, vencerá la potencia.

Esta es la celebre propuesta de Archimedes, en que ofrecia levantar la tierra; si se le diessé fuera de ella un lugar firme en que poner el hipomochlio; lo qual es casi tan imposible en la practica, como cierto en la especulacion.

## PROP. XIII. Problema.

*Disponer de tal fuerte la potencia, y el peso en la Palanca, que no pueda la potencia, por valiente que sea, mover el mas ligero peso. (fig. 12.)*

**S**Ea un peso A quan pequeño se quiera, y sea la potencia B tan esforzada como se quiera. Digo, que se pueden colocar en la palanca, con tal disposicion, que no pueda la potencia mover al peso. Dividase la palanca KM en L, de fuerte, que LM à KL, sea como la potencia B al peso A. Pongase el peso en M, y la potencia en K, y (1.) habrá equilibrio: luego si el hipomochlio se acerca un poco mas à la potencia que está en K, vencerá el peso A puesto en M, y no le podrá levantar la potencia.