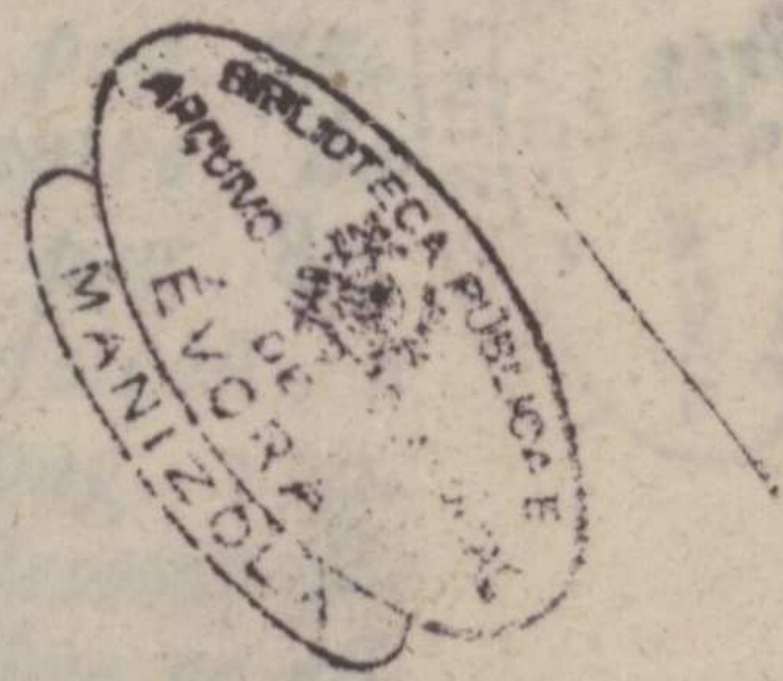
CARTAS
FISICO-MATHEMATICAS
DE
THEODOZIO A EUGENIO.

Para servir de Complemento á Recreação Philosofica.

TOM. II.

Sobre a Mecanica, ou Leis de Movimento.

POR
DOROTHEO DE ALMEIDA.



LISBOA
Na Offic. de Antonio Rodrigues Galhardo, Impressor da Real Meza Censoria.
Anno MDCCLXXXIV.
Com licença da mesma Real Meza.

INDEX
DAS
CARTAS
DO II. TOMO.

CAR-

CAR-

CARTAS
FISICO-MATHEMATICAS
DE
THEODOZIO A EUGENIO.

CARTA I.

Da Solidez, e Firmeza das partes da materia.

AMIGO Eugenio, cada vez dou mais parabens á minha fortuna de haver instituido esta communicaçaõ literaria entre nós ambos; porque vejo a grande utilidade que della vos tem rezultado. Que differença tendes no modo de pensar! e que differença no modo de discorrer! as minhas cartas sobre os Elementos de Geometria vos tem dado huma tal prudencia no tirar consequencias, que eu me admiro: já naõ tendes aquella viveza impetuoza, que vos fazia saltar de huma verdade conhe-

cida para outra, que della parecia nascer; e naõ tenhais muito escrupulo nestes saltos. Agora naõ: ides passo a passo; e quando a deduçaõ naõ he muito notoria ides apalpando, antes que temerariamente firmeis os pés, onde talvez nem os devieis pôr. Agora sim, já podemos fallar com franqueza nas leis da Mecanica, que a cada passo se firma em Theoremas ou Preposiçoens de Geometria; e já vos posso dar dellas naõ só a prova experimental, mas a prova Geometrica. Isto dá á Fisica hum lustre novo, e hum realce admiravel; ao mesmo tempo, que lhe dá huma clareza, e evidencia encantadora. Vamos pois ás questoens que me fazeis, a que eu naõ poderia responder até agora.

A primeira couza, que vos quero advertir he que as particulas de materia, que unidas mutuamente fazem todos os corpos sensiveis da Natureza, saõ em si solidas e e firmes: já nós fallamos da sua pequenhez incrivel; mas da sua firmeza e solidez naõ fallamos, e convém tratar tambem disso. Di-

Digo pois que em todos quantos corpos ha, cada particula de materia he de huma dureza infinita, desorte que as primitivas, e simples com força nenhuma natural se poderáõ obrigar a que mudem de figura. Custa a comprehender, como sendo huma particula simples, a possaõ fazer mudar de figura: eu naõ digo, que isso tem contradicçaõ; digo, que a minha imaginaçaõ fica mais contente, quando a dispenso desses apertos.

Daqui vem, que ainda nos fluidos saõ solidas as particulas minimas: naõ quero dizer só as ultimas, mas as que já saõ da natureza do fluido, e por isso compostas de muitas. Nós vemos, que huma vara comprida se dobra mui facilmente: Corta-se pelo meio, e custa muito mais a dobrar: Corta-se outra vez pelo meio, e já he forte: em fim reduzida a huma polegada de comprido, ninguem a dobrará. Logo a dureza, e inflexibilidade cresce á proporçaõ, que diminue o comprimento; e por essa ra-

zaõ diminuindo a particula até ser incrivelmente pequena, augmentará a sua dureza até ser incrivelmente grande.

Quem vê hum saco de area entornar-se pelo chaõ, e necessitar de vazilha fechada, para que se naõ perca, lhe pode chamar em certo modo fluida, sendo cada graõ em si de dureza fortissima: pois assim devemos considerar todos os fluidos, procedendo a maior, ou menor fluidez, de que as particulas soltas saõ menores, ou maiores.

Já se suppoem, que a materia de si he incompenetravel, e naõ podem duas particulas de materia estar no mesmo lugar. Desta propriedade essential á materia, e da solidez de cada particula procede, que as particulas de qualquer materia, até das fluidas, podem fazer huma resistencia fortissima, se estiverem dispostas, como convém.

Experiencia I.

POnde huma bexiga de Boi bem fechada, e meia chea de ar; ponde-a, digo, em huma caixa tal, que a bexiga ſe accommode, e toque em todas as ſuas faces interiores: ponde-lhe depois diſſo huma tampa, que entre livremente dentro da caixa, para ficar todo o ſeu pezo na bexiga. Sobre eſta tampa carregai 6 ou 8 arrobas; vereis, que as particulas do ar as ſuſtentaõ, como ſe foſſem de ferro. Eſta experiencia ſe pode variar, e multiplicar de modos innumeraveis. Já vos fallei diſto tratando do ar.

Experiencia II.

OMartello hidraulico he hum canudo de vidro, como aqui vos pinto. (*Eſt.* 1. *Fig.* 1.) Quando ſe forma, ſe lhe introduz agoa, e ſe evacua de ar, fechando-o neſſe tempo *hermeticamente*, iſto he derretendo o vidro em *a*: ſuccede, Eſt. 1. fig. 1.

que

que voltando de sorte o Tubo, que a agoa caia de pancada em *e*, dá hum golpe com hum sonido como se fora hum pedaço de ferro, que cahisse na extremidade *e* do Tubo. De sorte, que os charlataens dizem, que alli ha ferro, ou pedra, que se naõ vê.

A explicaçaõ deste phenomeno he facil nos principios, que tenho dito; porque sendo a agoa composta de particulas durissimas, como o ferro, cahindo de golpe sobre o vidro, deve fazer o mesmo sonído do que elle. Se o Tubo tivesse ar, naõ se ouviria o tal golpe; porque as particulas solidas naõ cahiaõ todas juntas no vidro *e*; mas achavaõ lá huma como almofada das particulas de ar, que amorteceriaõ o golpe; porém como o ar se tirou, toda a massa da agoa cahe de golpe no vidro; e naõ sendo a agoa, se naõ hum ajuntamento de particulas solidas, duras, e firmes, como o ferro, daõ o golpe, como se fosse ferro. Já me succedeu quebrar algum destes tubos com a pancada,

que

que ali dava a agoa, se voltava o tubo com precipitaçaõ nimia.

Experiencia III.

HUm ovo apertado entre as maõs, e opprimido pelas duas extremidades, resiste a toda quanta força lhe quizerem fazer. Eu já o puz ao alto entre duas almofadinhas, e lhe puz em sima duas arrobas, e nenhum abalo sentia o ovo: para isto se fazer sensivel, tinha huma especie de prensa (*Fig.* 2.) Fig 2. em que huma taboa sojugada por duas corrediſſas baſtantemente largas, em ordem a naõ a deixarem jogar para os lados, descia sobre a do fundo, de forma que debaixo podia opprimir o que eu quizesse, e de sima supportava o pezo, que lhe punhaõ.

Metia hum ovo ao alto entre as duas taboas, e sobre a de sima punha duas arrobas, e sempre mas susteve. Porém advirto, que para naõ fazer a força só nas pontas das extremidades, lhe punha de sima,

e debaixo duas almofadinhas de farellos bastantemente cheias, que podessem imitar a brandura das maõs. Naõ seguro, que se lhe puzessem muito maior pezo, o sustentasse: a minha prensa só dava lugar para hum pezo de duas arrobas, que punha com muito tento em ordem a evitar algum golpe.

A explicaçaõ deste effeito nos mete no empenho de vos dar os principios elementares da arte de edificar, que se fundaõ nesta doutrina: darei varias proposiçoens.

PROPOSIÇAÕ I.

Toda a Columna, se for em tudo igual, e posta a prumo, he capaz de sustentar hum pezo infinito.

A Razaõ he; porque sendo em tudo igual, e estando a prumo, naõ ha mais razaõ para que vergue para huma parte, que para a outra. Logo só pode ceder ao pezo, compenetrando-se com o chaõ

(que

(que ſe ſuppoem firmiſſimo) ou compenetrando-ſe humas partes da columna com as ſuas inferiores , o que he impoſſivel.

Conſequencia I.

DAqui ſe ſegue , que quanto mais alta for a columna , mais perigoza he , porque he mais facil naõ ſe achar em todas as partes perfeitamente igual ; e ſe tiver alguma mais fraca , já por ali ſe pode arruinar : por conſeguinte

Quanto mais curta for a columna , mais ſegura he.

Por eſta razaõ os Moſquitos , ou as Moſcas de cavallo com hum aguilhaõ delicadiſſimo furaõ o coiro de Boi , ou Cavallo ; porque uzaõ delle , como vos expliquei nas Recreaçoens , fazendo-o ſahir da baínha muito pouco a pouco , deſorte que a parte deſembainhada ſendo curtiſſima , he fortiſſima.

Con-

Consequencia II.

A Columna quanto mais larga for, mais segura he.

A Razaõ se tira do que vos disse; porque sendo mais larga, se considera dividida em muitas, e ainda que alguma seja desigual, e por isso fraqueie, poderá em toda a largura achar-se huma columna bem igual, e essa sustentará o pezo, que que as lateraes naõ sustentariaõ.

PROPOSIÇAÕ II.

A Columna, que naõ está a prumo, sustenta muito menos, que se o estivesse.

DE dois modos se pode impedir, que hum corpo desça para
Fig. 3. baixo. *Fig.* 3. Hum he porque a sua solidez, e incompenetrabilidade com o chaõ o detem, como em *A*; o outro, como em *B*, he porque a uniaõ do corpo *m* a outro *n*, que está se-

ſeguro, impede que caia: o I. modo he mais firme que o II., porque havendo forças na natureza para ſoltar a uniaõ de *m* com *n*, naõ a ha para compenetrar humas partes com outras. Iſto ſuppoſto, eſtando a columna a prumo, ſe ſuſtem, porque naõ pode cahir, ſem ſe compenetrar com o chaõ. Mas eſtando fóra do prumo ſe ſuſtem, porque *n* parte ſuperior da columna que ſuſtenta o pezo, eſtá unida á parte inferior *m*. Pois bem ſe ve, que *n* naõ toca no chaõ; e *m* naõ toca na maquina ſuperior. A linha vertical de pontinhos *a e*, divide a parte, que toca no pezo, da parte que ſe firma no chaõ. Ora a uniaõ das partes da materia nunca he, como diſſe, taõ forte como a ſua ſolidez, e imcompenetrabilidade.

Consequencia I.

Quanto a Columna ficar mais desviada do prumo, mais fraca he.

Fig. 4. A Razaõ he, (*Fig.* 4.) porque a linha vertical *e*, *a*, que da esquina da baze vai a prumo, para sima, e divide a parte, que pertence ao pezo, da parte firmada no chaõ, he muito mais curta em *D*, do que em *C* que inclina menos: daqui vem, que para cahir a parte superior *m*, só lhe falta quebrar a uniaõ com *n* no espaço que vai de *a* até *e*; ora bem se ve, que mais custa a quebrar esta uniaõ por huma linha, que he mais comprida, como em *C*, do que em huma linha mais curta, como em *D*.

Con-

Consequencia II.

Quanto mais inclinada for a Columna, mais forte encontro deve ter na baze, para que esta naõ fuja.

BEm se vê a razaõ desta consequencia; porque estando a columna a prumo, toda a força que ella faz, he contra o alicerse, que se suppoem immovel; em se desviando do prumo, já se diminue a acçaõ da columna contra o chaõ: por conseguinte, tem acçaõ contra os lados: logo he preciso segurar estes com bons encontros, para que naõ fujaõ.

Consequencia III.

Com igual inclinaçaõ, mais sustenta huma Columna de páu, que de pedra.

ARazaõ he; porque as fibras de páu saõ todas ao longo da viga; assim para separar *m* de *n*

(*Fig.*

(*Fig.* 4.) he preciso cortar muitas fibras: na pedra porém naõ ha estas fibras ao longo da columna, taõ facil he raxar-se por huma linha, como por outra.

PROPOSIÇAÕ III.

A Columna sendo de pedra, se for composta de muitas peças horizontaes, he mais segura, que sendo inteiriça.

Fig. 5. SUpponhamos (*Fig.* 5.) que *A* he formada de muitas pedras horizontaes; e que *B* he inteiriça. Ora pela desigualdade da constituiçaõ das partes da pedra, pode succeder, que estalle, e abra huma fenda obliqua *m n*; entaõ fica a parte superior da columna dezemparada, e em falso. Ora façamos a mesma supposiçaõ na columna *A*, e que estalla obliquamente huma peça; a fenda naõ se communica á peça inferior; assim como se communicaría, se tudo fosse huma pedra. Dirmeheis, que tambem nesta columna

de

de pedaços pode haver huma fenda, que vá de hum lado, ao outro, como na linha *o e*, e ficamos entaõ no mesmo perigo da columna *B*. Respondo, que naõ he taõ facil estalar huma columna com o pezo por huma linha demaziadamente horizontal; e ainda neste cazo, a fenda que nunca he liza, mas sempre tem seus dentes, como he mui horizontal, impede que huma parte escorregue pela outra; e assim como a separaçaõ horizontal, e liza das differentes peças da columna, naõ facilita, que huma escorregue pela outra, por ser horizontal; muito menos a separaçaõ com dentes, e covas, sendo muito horizontal, permitirá, que huma parte possa escorregar pela outra, e cahir.

PRO-

PROPOSIÇAÕ IV.

Duas Columnas mutuamente inclinadas sustentaõ o pezo superior.

A Razaõ he ; porque devendo cahir ambas, mutuamente se embaraçaõ, e vem por este modo a ficar firmes. (*Fig.* 6.)

Fig. 6.

Porém advirto, que cada qual estando inclinada, só sustenta o pezo em virtude da uniaõ que tem a porçaõ superior *m* com a inferior *n* ; a qual uniaõ he mais, ou menos forte conforme o que está dito (Prop. 2. e Conseq.) segundo a linha de prumo tirada da raiz da baze for mais comprida, ou mais curta. Isto he dizer que

Consequencia I.

Sustentaõ mais as Columnas, mutuamente inclinadas, quando a inclinaçaõ he menor.

Consequencia II.

DAqui se tira a razaõ. porque nas rodas dos coches, e seges &c., os raios que vaõ do eixo para baixo, naõ ficaõ a prumo, mas mutuamente inclinados para dentro, porque desse modo poderáõ mui bem sustentar o pezo. (*Fig.* 7.)

Agora se perguntaes a razaõ, porque os raios se formaõ desta maneira, e naõ perpendiculares ao eixo, nem a prumo a respeito do chaõ, mas sempre inclinados, he esta, que vos explico. Se a roda tivesse os raios perpendiculares ao eixo, e ao chaõ, como á primeira vista parece, que devia ser: em se levantando huma roda *A*, já o pezo todo carregava sobre a outra *B*, e nesta o raio inferior, sobre que

vinha todo eſte pezo, ſe achava inclinado, como a roda toda; e inclinado para fora deſorte, que era mui facil eſtalar eſte raio, quebrarſe a roda &c. Porém fazendo as rodas com os raios inclinados para dentro, quando huma roda paſſa por ſima de alguma pedra, a outra ſim fica inclinada, mas o raio inferior della fica a prumo; e entaõ ainda que que ſobre elle carregue todo o pezo, naõ quebra. Por iſſo quanto maiores ſaõ as ſurrodas, que ſe temem, maior hade ſer a inclinaçaõ dos raios. Porque eſtando a carruagem direita, pouco perigo ha de quebrar os raios, ainda que inclinados; naõ ſó porque mutuamente ſe ſuſtentaõ, como tambem porque o pezo ſe reparte por ambas as rodas: todo o perigo ſómente he, quando o eixo ſe levanta de huma parte; porque entaõ a roda, que ſupporta o pezo, e antes eſtava a prumo, fica inclinada; mas com eſte remedio, os raios, que antes eſtavaõ inclinados, agora ficaõ a prumo.

PRO-

PROPOSIÇAÕ V.

As abobadas ſuſtentaõ o pezo ſuperior, ſegundo as leis, que temos dado, para as Columnas mutuamente inclinadas. Fig. 8.

Fig. 8.

A Razaõ he: porque, como dos lados vem a abobada inclinando, até fechar no meio, podemos conſiderar a abobada, como dividida em muitas porçoens horizontaes; e as linhas curvas conſideradas como linhas rectas mais, ou menos inclinadas; no fecho (*a*) as duas columnas (*ii*) ſe tocaõ, e ſuſtentaõ mutuamente: na ſegunda porçaõ, ou divizaõ, as duas columnas (*m n*) ſe ſuſtentaõ, e firmaõ nas primeiras *ii*. para naõ cahirem para dentro; e as columnas da terceira divizaõ *o o* ſe firmaõ nas ſegundas para naõ cahirem &c. Ora ſe queremos conſiderar a acçaõ do pezo, que ſobre ella carrega, digo, que o pezo ſobre o fecho (*a*) faz

força nas primeiras columnas *ii.*, cuja base opprime as segundas (*m n*) ; e estas opprimem as outras *o o* ; e fiinalmente (*o o*) opprimem o chaõ. Desta doutrina, tiraõ-se como naturaes consequencias, tudo o que se observa á cerca das abobadas.

Consequencia I.

Se carregarmos só sobre o fecho da abobada no ponto (a), pode arruinar-se mui facilmente.

A Razaõ he : porque este pezo carregando só em (*a*) impelle as columnas (*ii*) para os lados ; e mui facilmente os angulos, que ellas formaõ com as columnas (*m n*) se podem levantar, e sahir para fora, e cahirá por terra o fecho (*a*) pois as suas esquinas, naõ tem quem as segure, ou impida, a que se levantem, e saiaõ para fora : e por isso na experiencia do ovo, se naõ lhe poem as almofadinhas, logo quebra, porque carrega o pezo sómente sobre o fecho.

Con-

Consequencia II.

Se carregarmos, naõ só o fecho da abobada, mas os lados della, fica segurissima.

POr quanto neste cazo as columnas (*ii*) tem toda a acçaõ contra as columnas visinhas (*m n*); porém estas naõ podem fugir, porque o pezo as segura nas esquinas, ou angulos. Eisaqui porque o ovo naõ quebra, nem apertado nas maõs, nem na prensa, tendo boas almofadinhas, que cinjaõ huma boa parte delle.

Consequencia III.

Quanto mais abatida he a abobada, menos segura fica.

SUpposto o que dissemos das columnas mutuamente inclinadas, esta consequencia fica bem evidente; porque na abobada abatida todas as porçoens della, que nós con-

ſideramos como columnas, ficaõ muito mais inclinadas, que na abobada, que tem maior volta. Eis-aqui porque o ovo poſto ao alto, reſiſte muito, e poſto ao comprido logo ſe quebra: por quanto poſto ao alto he huma abobada de grande volta: e poſto deitado, he mui abatida; e no diametro grande (*m n*
Fig. 9. *Fig.* 9.) as bazes das abobadas ſuperior, e inferior, naõ tem quem as ſubjugue, e ſuſtenha; e por iſſo ao menor esforço, *m n* ſahem para fora; e os dois fechos ſuperior, e inferior (*a o*) entraõ para dentro, e tudo ſe quebra.

Conſequencia IV.

As abobadas abatidas, ſe as bazes naõ achaõ encontros ſufficientes, facilmente ſe arruinaõ. Fig. 10.

Fig. 10. TAmbem a razaõ he facil; porque naõ havendo bons encontros em (*m n*) o pezo, que carrega ſobre a abobada, faz fugir para fo-

fora as duas bazes *m*, *n*; e ſe ellas fogem, o fecho cahe, e tudo ſe arruina, ſegundo o que já vos diſſe das columnas inclinadas.

Conſequencia V.

A abobada formada de muitas peças, he mais ſegura, que a inteiriça, ou de poucas peças. Fig. 11.

SÓmente a viſta da Figura faz ver a razaõ, que he a meſma, que já vos dei ſobre as columnas. A pedra inteiriça *A*, ſe eſtalar com o pezo, poderá eſtalar, como aqui ſe repreſenta; e entaõ o fecho vem a terra, por naõ ter quem o ſuſtente: porém da outra parte, aonde a abobada ſe repreſenta compoſta de muitos pedaços, poſtos como he razaõ, ſe hum, ou muitos eſtalarem, como a fenda ſe naõ communica ás pedras vizinhas, ou aos tiolos, fica ſempre a peça, que eſtalou, taõ ſegura, como as inteiras; porque nenhuma deſſas partes que-

CARTA II.

Sobre a Adhesaõ mutua das partes de materia, a que chamaõ Uniaõ.

JÁ vejo amigo Eugenio, que me naõ enganei no conceito que fiz de voz, quando vos escrevi a carta passada; pela vossa resposta vejo, que tenho atinado com o vosso gosto; estimo, e irei sempre proseguindo em vos satisfazer quanto eu possa, a vossas perguntas. A que me fazeis agora, he que coiza seja *Cohesaõ* das partes da materia? porque sobre isso vedes que se falla muito; e agora cahe bem a sua explicaçaõ, porque depois de termos fallado das partes da materia, tanto na sua pequenhez, como na sua solidez e impenetrabilidade, fica natural o examinar como se unem entre si para compor os córpos sensiveis.

Se naõ quizermos adoptar na nossa Lingua esta palavra *Cohesaõ*, que he tirada do Latim, podemos

uzar

uzar de outra, que he: *Adhesaõ mutua*, ou Uniaõ das particulas da materia. Já fallei disto de passagem nas nossas Recreaçoens; dizendo, que procedia da combinaçaõ, e contextura dellas, supposta a diversa configuraçaõ, que cada huma das particulas tinha.

Mas isso tem lugar nas *molecullas*, isto he, nas particulas de materia já compostas de outras muito menores; ahi he, que se pode suppor configuraçaõ apta para se entrelaçarem humas com outras: mas, como as particulas primitivas da materia saõ quazi infinitamente pequenas; naõ me posso accomodar a que da sua combinaçaõ e contextura haja de proceder a Uniaõ, ou mutua *Cohesaõ* dellas.

A razaõ he: porque estas particulas primitivas, sendo simples, e naõ compostas de outras, naõ se podem quebrar; nem tambem se entende como sejaõ flexiveis: e assim quando as taes particulas estivessem entrelaçadas humas com outras, com força nenhuma se poderiaõ se-

pa-

parar. Bem vejo, que experiencia nenhuma prova, que as particulas primitivas da materia ſe poſſaõ ſeparar entre ſi ate ficarem no ultimo gráo de ſeparaçaõ: porém ſempre o entendimento deſeja ſaber como ſe unem eſtas particulas, para formar as *moleculas*, iſto he, as particulas maiores, e mais diviſiveis; porquanto he certo, que ſe compoem das particulas primitivas entre ſi unidas. Iſto ſuppoſto, busquemos qual ſeja a Uniaõ das particulas primitivas da materia; e depois hiremos á Uniaõ de outras já maiores, e compoſtas das primeiras.

Os noſſos antigos Peripateticos diziaõ, que eſta Uniaõ era huma qualidade occulta (e naõ couza de corpo, ou materia) cujo officio era pegar as particulas de materia. Outros diziaõ, que eraõ *certos pontos unitivos*: podiamos chamar-lhe em Portuguez claro, *bocadinhos de grude*, que pegavaõ dois pontos de materia: mas ſe lhe perguntaſſem, como ſe pegavaõ eſtes pontos de grude a qualquer dos dois, reſponde-

riaõ

riaõ que por si mesmos, naõ obstante serem elles *materia*: Logo se esse ponto de grude sendo materia, se pega por si mesmo a outra couza, milhor he dizer que toda a materia he grude, isto he; que se pode pegar por si mesma, huma particula á outra.

Mas como agora vós naõ quereis rir, mas instruir-vos, perguntareis como se pega o grude a outra materia? ou milhor; porque se pega o grude, e naõ se pega outro qualquer corpo? Aqui estamos pois outra vez em jejum, com fome de saber, como se unem as particulas primitivas: e já vejo que naõ haveis de consentir, que se vá buscar ao vastissimo Armazem da Imaginaçaõ remedio fantastico para resolver esta difficuldade, pois só o quereis da experiencia, e boa razaõ; thezouro mais pequeno, porém mais precioso.

O Grande Neuton diz, que *todas as particulas da materia tem entre si mutua attracçaõ, a qual sómente obra no contacto, ou quazi nel-*

nelle; e que em virtude desta attracçaõ he que as particulas estando no contacto, ficaõ pegadas, resistindo mais ou menos á separaçaõ conforme he maior, ou menos perfeito o contacto dellas.

Duas couzas ha aqui, que tratar: huma he, se ha, ou naõ, a tal attracçaõ no contacto: outra he; donde procede esta virtude: como tambem saõ couzas differentes o ter o Iman attracçaõ a respeito do ferro, ou o descobrir-se a cauza Fisica, donde esta attracçaõ lhe tem vindo. Naõ confundamos pois huma questaõ com outra. Por ora naõ tratarei da segunda questaõ; isto he, da origem desta attracçaõ; disso devo dizer a seu tempo. Agora só tratarei da primeira, e vos provarei a doutrina de Neuton. Isto he que

Todas as partes de materia, tocando outras quaesquer, as attrahem, e saõ attrahidas.

Para provar isto, claramente o farei por partes em trez propoziçoens differentes.

PRO-

PROPOSIÇAÕ I.

As particulas dos Fluidos se attrahem mutuamente.

FAçamos varias experiencias, e sobre ellas as reflexoens curtas, que permitte huma carta.

Experiencia I.

LAncemos huma gota de azougue sobre hum panno secco, ou qualquer outra couza similhante; veremos, que se he mui pequena, se forma em huma bola esferica; mas se he maior, o pezo a abate, e faz mais chata, e naõ fica esferica, mas sempre circular: se a apertamos das ilhargas opprimindo-a entre os dedos, para que tome a figura oval, tanto que a deixar-mos na sua liberdade, busca a figura circular, que dantes tinha. (*Estampa* 2. *fig.* 1.) Ora este effeito alguma cauza tem. Eisaqui a razaõ, que daõ os Neutonianos. No diametro

Est. 2. fig. 1.

ma-

maior da Figura oval *m n* ſe contaõ v. g. 20 particulas de azougue: no diametro menor *a e*, ſó haverá v. g. 10, ou 12: logo na linha *m n.* ha muito maior attracçaõ, que na linha *a e.* Ora ſendo a attracçaõ maior, deve vencer a menor; e *m* ſe chegará para *n*; e deſte modo a a gota ſe fará circular; e ſó aſſim he que hade deſcançar; porque entaõ, ſendo todos os diametros iguaes, ficaõ em equilibrio as forças da attracçaõ, que luctavaõ entre ſi; pois naõ podia ficar mais curto hum diametro por força da ſua attracçaõ, ſem que ficaſſe tambem o outro mais comprido com deſprezo da attracçaõ das particulas, que houver nelle.

Experiencia II.

PEla meſma razaõ (*Eſt.2. Fig.* 2.) pondo duas gotas de azougue ſobre huma meza, ou qualquer corpo lizo, e limpo, ſe as formos chegando pouco a pouco huma para a outra, ſempre conſervará cada Eſt. 2. fig. 2.

qual

qual a figura circular : mas, tanto que se tocarem, se converteraõ repentinamente em huma só gota circular. A razaõ disto he; porque entaõ todas as particulas, que ficaõ na linha *m n*, que as enfia, se attrahem mutuamente; e *m* com grande força se chega para *n*; nem ha força contraria, que se opponha sufficientemente a esta mutua attracçaõ das particulas, que vaõ de *m* até *n*. Adverti, que eu naõ digo, que *m* attrahe *n*; porque está muito distante, mas que todas as particulas dessa linha, que se tocaõ, se vaõ attrahindo mutuamente, de forma, que a linha *m n* se encurtará, até ficarem as duas gotas convertidas em huma redonda.

Resposta falsa.

ALguns querem responder a estas duas experiencias, attribuindo esse effeito á oppressaõ do ar: enganaõ-se nas contas; porque se ella fosse desigual, maior havia de ser em *a*, *e* (*Fig.* 1.) isto he nos la-

lados compridos da Figura oval, do que nos curtos *m* ou *n*; e assim, se a gota estava oval, muito mais comprida se faria. Ora nós vemos pelo contrario, que as particulas em *m*, *n* se chegaõ mutuamente, e fazem separar as outras em *a e*. O mesmo digo na segunda experiencia: Logo só a attracçaõ mutua das particulas do azougue he, que póde fazer este effeito; mas o cazo he, que a oppressaõ do ar em todas as partes he igual.

Experiencia III.

QUanto mais purificado he o azougue, e o plano mais limpo, tanto mais prompta he a mudança da Figura, e mais perfeita a linha circular: porque entaõ a attracçaõ he maior, naõ tendo o azougue liga de metal estranho, nem o embaraço do rossado do panno, sobre que se move: o azougue, que faz cauda, he muito falsificado, e tem muita materia estranha misturada.

Experiencia IV.

OS metaes derretidos fazem o mesmo effeito, que temos dito do azougue; porque este effeito naõ procede de qualidade desta, ou daquella materia; mas vê-se, que he de toda a materia em geral, se as circunstancias facilitaõ o mesmo effeito.

Experiencia V.

NAs gotas de agua se vê o mesmo, mas com menos presteza, e perfeiçaõ; porque na agua o numero das particulas he muito menor, que no azougue, e a attracçaõ mais fraca, (já sabeis, que he 14 vezes menos densa:) Logo se a attracçaõ he propriedade da materia, a força, que obra esta mudança de figura, he na agua 14 vezes mais fraca; e por conseguinte o rossado do plano, em que se revolverem as gotas do fluido, lhes fará hum embaraço notavel. O que he maior, quanto maior for a gota do fluido.

Ex-

Experiencia VI.

QUanto mais pequena for a gotinha do azougue, ou metal, mais esférica hade ser, e globoza. A razaõ he; porque se naõ fosse o pezo do azougue, que sempre lhe impede o levantar-se da meza, havia de ser a gota perfeitamente esférica; mas o seu pezo obra contra a sua redondeza, e a faz chata, quando a attracçaõ a devia fazer esférica, pois sómente assim ficavaõ todos os raios do centro para a circunferencia iguaes, todas as distancias iguaes, e todas as attracçoens em equilibrio.

Experiencia VII.

TOdo o fluido sóbe mais, no meio do vazo, do que na circunferencia delle, quando o vazo está secco; ou cheio; por isso podemos levantar numa chicara a agua mais alta do que estaõ as bordas, e entaõ vemos, que a superficie do

Est. 2. fluido faz como huma abobada (*Fig.*
fig. 3. 3.) A razaõ he ; porque attrahindo-se mutuamente as partes do fluido humas ás outras , naõ podem cahir pelas bordas , senaõ quando a força do pezo for maior , que a da attracçaõ : o pezo quer separar as particulas que estaõ na borda , das outras , que estaõ para dentro della ; mas a attracçaõ impede , que se separem , e naõ deixa hir humas sem outras ; e durando esta luta , em quanto o pezo he pouco vence a attracçaõ , e a superficie do fluido sóbe ; mas chegando a ser tal o pezo das particulas , que estaõ na borda , que vença a attracçaõ das visinhas , estas as largaõ , e cahe huma porçaõ de agua , e se desfaz a abobada , ficando o fluido de nivel.

Note-se , que quanto mais denso he o fluido , mais alta , e sensivel he a abobada ; porque a attracçaõ he mais forte ; e por isso o azougue consente abobada mais elevada , que a agua. Note-se tambem , que nos vazos estreitos a elevaçaõ da superficie he mais sensivel ; a razaõ

he,

he, porque huma linha de elevaçaõ comparada com duas, ou trez linhas de diametro do vazo, he muito mais ſenſivel, que comparada com duas, ou trez polegadas de diametro.

Experiencia VIII.

QUando, ſendo hum vazo eſtreito, v. g. huma galheta, queremos delle vazar ſó huma gota, ſe a borda do vazo eſtá ſecca, vemos ás vezes o fluido, que hade ſahir, eſtar já fóra da borda, e no ar, ſem ſe reſolver a largar as outras particulas, que ficaõ dentro do vazo; achando-ſe ao meſmo tempo impellida pelo pezo, para cahir, e retida pela attracçaõ do reſtante do fluido para ficar.

Eſta experiencia, amigo, e outras, que direi abaixo, me arrastráraõ bem contra minha vontade para admittir eſta attracçaõ Neutoniana. Vede vós ſe podeis reſponder a eſtas experiencias: reſponder, digo, e naõ ſó fallar; porque he differente, fallar, ou reſponder: ellas a mim convenceraõ-me. PRO-

PROPOSIÇAÕ II.

As particulas dos fluidos attrahem, e saõ attrahidas dos Solidos.

Experiencia I.

A Agua, ou qualquer fluido, que seja (excepto o azougue, e metaes derretidos, de que darei razaõ a seu tempo) tocando hum corpo sólido, lhe fica pegada; sinal de que ou attrahe, ou he attrahida por elle; de sorte, que ainda voltando o solido para cima, e o fluido para baixo, naõ cahe todo o fluido; sempre o solido fica molhado; o que naõ pode ser sem lhe ficarem pegadas á sua superficie algumas particulas do fluido.

Experiencia II.

O Mesmo sucede, se molhamos hum dedo em agua, e o tiramos para fora; porque fica huma go-

gota pendurada ſem cahir. Ora que razaõ ſe pode dar deſta ſuſpenſaõ da agoa no ar, que ſempre he pezada, ſenaõ a attracçaõ, que ha entre o dedo e a agoa? Logo os fluidos attrahem, ou ſaõ attrahidos pelos ſolidos.

Experiencia III.

SE lançarmos agua, vinho, café &c. (ſempre exceptuamos o azougue, e metaes derretidos) ſe lançarmos, digo, qualquer fluido num vazo, depois que a ſuperficie interior ſe molha, vemos que o fluido ſobe pelos lados interiores do vazo (*Eſt.2. Fig.* 4.). A razaõ he; porque as particulas, que tocaõ a ſuperficie interior, e lhe ficaõ pegadas pela attracçaõ, pezaõ menos nas inferiores, por terem huma cauza, que lhes impede o deſcerem. Ora pezando menos que as outras, já ſe vê, que para ſe guardar a lei do equilibrio, deve a ſua columna ſer mais alta; e tanto mais alta, quanto mais chegada ao vidro. Pela mesma razaõ, metendo no café, ou

Eſt. 2. fig. 4.

chá,

chá, a colherinha molhada, vemos que sóbe o liquido agarrando-se pela superficie da colher, algum tanto mais alto do nivel, do outro liquido; o que naõ succede metendo a colherinha secca; porque em quanto se vai metendo, a superficie se naõ eleva á roda della: mas tanto que vaõ retirando a colherinha, logo o fluido se eleva, pegando-se á superficie della já molhada.

Experiencia IV.

Est. 2. fig. 5. SE lançarmos num còpo de agua (*Est* 2. *Fig.* 5.) hum globo de vidro oco, como estes, que servem de bolas aos Termometros, a superficie da agua sóbe á roda do globo molhado, pela attracçaõ, que digo; e se o globo se encostar a hum lado do cópo, entaõ a agua se levanta muito, e faz admirar, vendo-se por fóra do cópo, que se levanta assima do nivel quazi meia polegada. *Fig.* 5.

Ex-

Experiencia V.

LAncemos no mesmo cópo com agua dois globos de vidro delgado, e ocos por dentro, veremos, que estando já molhados hum vai buscar o outro; ou tambem vaõ buscar a borda do cópo, se lhe fica mais perto; de fórma que, quando o globo está perto do cópo, se lança com força, e se ouve a pancada que dá. Logo darei a razaõ desta experiencia.

Experiencia VI.

LAncemos na chicara de café huma pedra de assucar; vai ao fundo, o ar nelle fechado vem subindo assima, e faz huma bolha: atraz della vem outra porçaõ de ar, e faz outra bolha &c. Ora vereis, que todas estas bolhas se vaõ buscando humas ás outras, desorte que se faz huma espuma quazi circular. Se perto desta espuma lhe meteis huma colherinha secca; a espuma

fica

fica immovel: mas se quereis tirar a colherinha, logo a espuma a vem buscar, e se pega a ella. Se naõ se mete colher alguma, a espuma pouco a pouco vem buscar o lado da chicara, que lhe fica mais proximo; e tanto que toca nelle, a attracçaõ he taõ forte, que a espuma, que era quazi circular, se extende pelo lado da chicara, e toma a figura de Lua quazi nova, encostando-se ao lado do vazo.

Em todos estes cazos se vê o movimento de couzas inanimadas, effeito da attracçaõ; mas advirto, que a attracçaõ, que faz mover os globos, ou a espuma, naõ he immediata, de globo a globo, e de bolha a bolha; mas mediata; isto he deste modo: O fluido sobe pelos lados da chicara, e do globo (*Fig.* 5.) logo ahi peza menos, ficando a acçaõ da gravidade diminuida pela attracçaõ: porém o fluido que naõ fica entre o globo, e o lado do cópo, peza mais livremente. Supposto isto: Se o pezo do fluido em *m* he mais livre, do que em *a*,

o globo hade ſer impellido de *m* para *a*, e hade marrar contra o lado do cópo, que parecia attrahir o globo. Do meſmo modo ſe explica a attracçaõ dos dois globos, e das bolhas da eſpuma &c.

Experiencia VII.

PEguei numa balança ordinaria, cujas bacias eraõ de quatro polegadas de diametro; e tendo-ſe caſualmente entornado huma pouca de agua, ſobre a meza, em que tinha as balanças, indo a levanta-las no ar, para examinar certo pezo, vi que me ficava huma das bacias pegada á meza por cauza da agua, em que aſſentava; e elevando mais a balança, a bacia ficava fixa, e com difficuldade largava a meza. Repeti a experiencia, e ſempre ſuccedeo o meſmo: e lançando pouco a pouco pezo na bacia oppoſta, obſervei a força da attracçaõ da agua ácerca da bacia da balança, e conheci, que era preciſo por algumas onças, para que ſe venceſſe a attracçaõ entre a agua, e a bacia. *Ex-*

Experiencia VIII.

DOis pedaços de vidro de espelho molhados por dentro e juntos, havendo-lhe interposto num lado huma moéda, e atado, como na
Est. 2. fig. 6. *Est.2. Fig.6.* servem para fazer ver esta attracçaõ por hum modo galante. Assim que as extremidades inferiores dos vidros tocaõ na agua, ella sobe pelos vidros assima do modo, que a figura nos representa. A razaõ he: porque, como quanto mais estreito he o vaõ dos vidros, menor he a distancia, que as particulas da agua tem das suas paredes internas, mais forte he a attracçaõ dellas sobre a agua, e por isso péza muito menos; assim hade subir mais, onde o vaõ he mais estreito. Ora a moéda entalada por hum lado, faz que os dois vidros façaõ como hum livro, que se principia a abrir, cuja abertura he menor, quando he mais distante do lado, que se abre; e confórme a abertura he menor, a altura do fluido he maior.

Ex-

Experiencia IX.

TOdos os córpos esponjozos chupaõ o fluido, especialmente depois que estaõ molhados; e isto vem da attracçaõ, que as suas particulas tem sobre o fluido. Huma esponja secca bebe a agua; mas se a expremem bem, e com isso a molhaõ, depois bebe a agua com muito maior força. O Assucar em pedra, metendo-o em parte no café, começa á chupa-lo, e ás vezes sobre o café huma polegada penetrando o assucar assima do nivel do que fica na chicara; por esta mesma razaõ digo que as trocidas molhadas no azeite o chupaõ &c. Agora seguia-se tratar dos Tubos Capilares: mas quero fallar delles em carta separada, e com mais extençaõ, porque he materia mais debatida.

RE-

Reflexaõ I.

Sobre a proposiçaõ precedente, e suas experiencias.

NA Proposiçaõ precedente vos disse, que exceptuava o azougue; porque na verdade se observa nelle tudo ás avessas dos outros fluidos. Até nos Tubos Capilares se vê o azougue dentro do Tubo mais baixo, que fóra delle; e quanto mais estreito he o Tubo, mais baixo fica o azougue. Do mesmo modo nos vazos largos sempre o azougue se abaixa quando chega ás paredes do vazo; desorte que, se num vazo
Est. 2. *B. Est.* 2. *Fig.* 7. lançamos azougue,
fig. 7. e nelle puzermos huma bola de ferro a nadar, (naõ seja de chumbo, estanho, ou oiro, porque estes attrahem o azougue) se verá o azougue á roda da bola, sempre mais baixo, que no resto da superficie; de sorte que, se a bola se encostar ao lado do vazo de vidro, se vê de fora, que o azougue fica quazi

meia

meia polegada mais baixo. E ſe ſe compára eſta experiencia do vazo *B.* do azougue, e bola de ferro, com a experiencia do vazo de agua *A*, e da bola de vidro ouca, *fig.* 5. ſe adverte em huma contrapoſiça õ mui galante, quando as duas bolas ſe encoſtaõ ás ilhargas dos ſeus vazos; porque em hum a agua ſóbe muito; em outro o azougue baixa igualmente.

Eſta contradicçaõ pede razaõ: eu dou a que me parece milhor. Diſſemos, que a attracçaõ da materia era huma propriedade geral de toda a materia: logo onde houver maior numero de particulas, eſta attracçaõ hade ſer maior: no azougue o numero de particulas he muito maior, que no vidro; por iſſo mais ſaõ attrahidas todas humas das outras, do que ſaõ attrahidas pelo vidro. Daqui vem, que tem difficuldade em ſe accommodarem a ſubir pelo tubo eſtreito, quando a attracçaõ das particulas inferiores he mais forte; e naõ ha outra razaõ, que obrigue o azougue a ſubir, ſe-

naõ

naõ o excesso do pezo do outro, que fica fóra, que he cauza mui fraca.

Alguns querem attribuir estes effeitos á repulsaõ do azougue a respeito do vidro. Eu naõ me attrevo a seguir esta opiniaõ; e vos contarei huma experiencia cazual, que me fez crer, que o vidro tinha sua attracçaõ para o azougue, posto que fraca. Estava eu enchendo hum Barometro, e naõ sei como maneava o azougue; mas vi, que estando o tubo inclinado, como aqui vos repre-
Est. 2. sento (*Est.* 2. *Fig.* 8.) huma bolinha de
fig. 8. azougue veio correndo de sima rolando, e pegando-se ao tubo, que lhe ficava por sima: eu reflecti, e logo tirei a consequencia, que se naõ podia dizer que o azougue, e o vidro se repelissem.

Outra experiencia encontrei casualmente, que me confirmou. Tinha eu hum tubo capilar muito estreito cheio de azougue: vazando-o, succedeu, que ficou ultimamente sem sahir huma porçaõ pequena; e sacudindo-o ligeiramente, ficou pendurada huma columna pequena

de

de azougue, ſem largar o tubo (*Fig.* 10.) ſem duvida attrahida do outro azougue, que dentro do tubo ficará: e ſe eſte azougue naõ foſſe attrahido pelas paredes do vidro, porque naõ havia de cahir, tendo a porta aberta? Vós julgareis deſta experiencia, como quizeres. Eſt. 2. fig. 10.

Reflexaõ II.

AS particulas dos fluidos que ſe pégaõ aos vazos de vidro, fazem huma linha curva, como nas figuras 4 e 5 ſe eſtá vendo: quero dar-vos diſto a razaõ bem clara: Dividamos o fluido, que eſtá dentro do vazo em folhas verticaes, cuja groſſura ſeja a de huma particula. A primeira folha, que tóca no vidro, he attrahida fortiſſimamente por elle; defórma que ſacudindo com muita força o vidro nunca largará de ſi o fluido, pois ſempre fica a ſua face molhada: eſta primeira folha attrahe a ſegunda; porém eſta attracçaõ naõ he taõ forte; porque as particulas dos fluidos, ainda que ſe at-

trahem, se separaõ entre si mais facilmente que dos solidos, e contra esta attracçaõ milita o pezo desta segunda folha. Segue-se a terceira attrahida pela segunda, e a quarta attrahida pela terceira, e já contra estas attracçoens milita o pezo de todas, pois todas se sustentaõ na primeira: por isso quando huma pinga de agua pegada á superficie vertical do vidro, he mui pequena, se sustenta, sendo maior a attracçaõ que o pezo: porém se for engrossando, escorre finalmente, e cahe por ser já mais forte o pezo, que a attracçaõ. Note-se, que crescendo o numero de folhas, cresce o pezo, e naõ cresce a força da attracçaõ, ainda que se augmente o numero de particulas attrahentes, porque naõ se unem numa particula as attracçoens; he como quando hum pezo ora pende da corda de hum palmo, ora de outra de vinte palmos, que naõ fica mais seguro; porque ainda que se multiplica a corda; as partes della naõ se unem todas no pezo, como succederia, se esse pe-

zo

zo eſtiveſſe ſuſpenſo por vinte cordas cada huma de hum palmo: ſendo ſó huma corda de vinte palmos, ha vinte partes mais, por onde póde eſtalar a corda; e ſendo vinte as particulas do fluido, que unidas ás outras ſe pegaõ no vidro, ha vinte partes mais, por onde (faltando a attracçaõ) ſe ſolte a gota delle, e caia.

PROPOSIÇAÕ III.

As particulas dos ſolidos ſe attrahem mutuamente no contacto.

Experiencia I.

TOmai duas balas de chumbo, limai-as hum tudo nada, para que fiquem chatas, em huma pequena parte da ſua ſuperficie; ou cortai-lhe com huma faca hum bocadinho de cada huma, deſorte que fiquem planas numa pequena parte; carregai, e opprimi-as huma contra a outra, andando hum tanto á roda, para que as duas ſuperficies

chatas se ajustem bem, vereis, que vos ficaõ prezas huma á outra; de fórma, que he precisa força sensivel para as separar.

O Grande Dessaguliers fez esta experiencia por hum modo, que teve hum effeito admiravel. Tomou duas bolas de chumbo de hum arratel cada huma, e com huma faca lhes fez huma face plana, que tinha duas linhas e meia de diametro: apertou huma contra a outra, e pegáraõ de modo, que soffreraõ 40 arrates de pezo antes que se separassem. Ora he de de advertir, que o pezo do ar, que corresponde á columna desse diametro será sómente de 5 onças.

Experiencia II.

DOis pedaços de vidro de espelho molhados, e unidos entre si; duas pedras bem lizas do mesmo modo; duas, ou muitas tabolas de marfim molhadas entre si, ficaõ pegadas; e isto succede até dentro do recipiente vazio do ar; e se os córpos

saõ

ſaõ mui lizos, e as ſuperficies pequenas, ſem ſer molhados, ſe pegaõ, ſinal de que as particulas ſólidas ſe attrahem. Lembra-me de ter lido em Deſſaguliers, que dois botoens de criſtal ſeccos ſe lhe pegáraõ de maneira, que lhe foraõ precizas 79 onças para os ſeparar: força muito maior, que a do pezo do ar correſpondente ás ſuas ſuperficies, porque a face plana tinha huma linha de diametro, e o pezo do ar, que lhe correſponde, he, pouco mais ou menos, huma onça.

Creio, que vos lembrais do que viſtes nos globos chamados de Magdebourg, que eſtando vazios do ar, ficaõ pegados; e que metendo-os no vacuo, logo ſe deſprendiaõ. Nos planos naõ ſuccede aſſim, porque taõ pegados ficaõ fóra, como dentro do vacuo, próva, que naõ he pela preſſaõ externa do ar; além de que, como já diſſe, o pezo do ar naõ póde fazer neſtes cazos effeito taõ forte, como vemos.

Advirto trez couzas. Primeira que o molhar planos tem a utilida-

de

de de lançar fóra o ar intermedio; e como as particulas de agua, ou azeite, enchem os vaõs, que naturalmente ficaõ, porque nunca as ſuperficies ſaõ mathematicamente liza; por eſte modo a attracçaõ do vidro ſobre a agua, e da agua ſobre o ſegundo vidro, ajudaõ o effeito.

A ſegunda couza, que advirto, he, que o fluido, com que ſe molhaõ, deve ſer mui pouco, o menos que puder ſer, para que o vidro em muitas partes toque no vidro, pois eſta attracçaõ ſempre he mais forte, que a das particulas do fluido entre ſi: e por iſſo convém esfregar com força, e geito mui devagar hum vidro pelo outro, que logo ſe ſente, quando ſe pegaõ bem.

Nas pedras mui lizas ſe póde ver o pezo, que ſuſtentaõ por meio
Eſt. 2. das argolas fixas, que em huma, e
fig. 11. outra ſe põe *Fig.* 11. Nos vidros de eſpelho conhece-ſe a força pondo-os atraveſſados, e pegando com
Fig. 12. cada maõ em ſeu vidro *Fig.* 12.

A

A terceira couza, que advirto, he; que quanto mais pequenas saõ as superficies, maior he á proporçaõ a força com que se unem os córpos. A razaõ vem da difficuldade, que ha em fazer duas superficies perfeitamente lizas: assim, numa superficie de duas linhas haverá duas, ou trez prominencias mui tenues, sem que impidaõ o perfeito contacto das superficies; e nas que forem maiores, mais prominencias haverá; desorte que quanto mais curta for a superficie, mais facil he, que se ache sem altos, e baixos. Para isso he o fluido intremedio, para remediar este inconveniente; aliás era bem escuzado, como vemos em algumas experiencias.

CONCLUZAÕ.

DAs trez propoziçoens precedentes vedes meu Amigo, que se collige, e naõ se póde negar esta mutua attracçaõ entre as particulas da materia, quando se tócaõ. Ora como na contextura das par-

particulas póde haver grande differença no modo, com que humas tócaõ as outras, daqui procede a grande diversidade, que ha na firmeza, ou dureza dos córpos. Porém isto ficará para carta separada, que esta já he assaz larga: porém vingar-se-ha a minha amizade agora da longa auzencia, e separaçaõ, que houve no nosso commercio literario. Qual febricitante ardente, que toda a noite suspirou por agua, e só na madrugada encontra o piedozo soccorro na compassiva enfermeira, que a medo, e contra as ordens de Silvio, lhe chega a quartinha da maia, recomendando-lhe, que beba pouco, mas tanto que a poem á boca, naõ se farta até a deixar vazia. Assim he a minha pluma sequioza da vossa communicaçaõ, que me parece, que pertendia esgotar o tinteiro. A Deos Amigo até ao novo correio.

Fim da segunda Carta.

CAR-

CARTA III.

Sobre os Tubos Capilares.

NO Correio paſſado, Amigo Eugenio, vos prometi dar huma explicaçaõ miuda da ſubida da agua, e ſimilhantes fluidos nos Tubos Capilares, por ſer materia mui debatida, e talvez, que ainda neceſſite de ſer mais examinada. Agora vou a cumprir a minha palavra; primeiramente chamamos Tubos Capilares áquelles, que tem diametro pequeno. Obſerva-ſe pois, que nos Tubos Capilares abertos por ambos os lados, ſe os metemos a prumo na agua, ella ſóbe dentro delles, aſſima do nivel: e tanto mais ſóbe, quanto mais eſtreito he o vaõ do canudo. A propoſiçaõ he aſſim.

Nos Tubos Capilares a agua ſóbe quazi na razaõ inverſa dos diametros.

V. g. Se os diametros nos trez Tubos da *Fig.* 13. *Eſt.* 2. *A B C* ſaõ Eſt. 2. fig. 13.

co-

como 1. 2. 4., a agua ſóbe nelles ás alturas 4. 2. 1. : ſendo maior a altura no canudo mais eſtreito, e menor no que for mais largo.

A razaõ deſta experiencia conſtante, atormenta verdadeiramente os Fiſicos. Os que naõ admittem a attracçaõ entre os fluidos, e ſolidos, dizem, que eſte effeito procede do pezo do ar, porquanto a agua fóra dos Tubos he mais opprimida pelo ar, que dentro delles, e quanto mais apertado he o Tubo, mais embaraçada ſerá a acçaõ do ar, e menos opprimirá o fluido inferior. Ora como he lei conſtante dos fluidos, que opprimidos em huma parte mais do que em outra, fogem para onde achaõ menor oppreſſaõ, a agua fugirá para dentro dos Tubos; aſſim como vos diſſe algum dia, que fugia para dentro da ſeringa, quando ſe elevava o embulo. Eis-aqui (dizem eſtes Filoſofos) porque ſóbe dentro dos Tubos, e tanto mais ſóbe, quanto mais eſtreitos ſaõ.

O amor da verdade pede, que con-

confeſſemos, que eſta doutrina he falſa: temos experiencia convincente. Metamos os Tubos Capilares dentro do recipiente, e depois de tirado o ar, metamos os Tubos no liquido (*Eſt.* 2. *Fig.* 14.) veremos, que ſóbe a agua nelles, como fóra do recipiente: introduzamos depois diſſo o ar no recipiente, nenhuma mudança fará a agua nos Tubos: logo naõ procede eſte effeito do pezo do ar. Eſt. 2. fig. 14.

E na verdade, que o ar paſſa com toda a liberdade pelos Tubos Capilares, para opprimir com o ſeu pezo o fluido interior, porque paſſa por boraquinhos muito menores, como experimentaõ os que tem uzo de trabalhar com a maquina pneumatica.

Outra hade ſer logo a cauza deſte effeito, e eu naõ duvido, que ſeja a attracçaõ. Porque vós já viſtes, que por cauza deſta attracçaõ a agua ſubia pelas paredes de qualquer vazo, e attrahida por elles ſe ſuſpendia mais alto, que o nivel: Ora ſe nós formos aproximando ás

pa-

paredes interiores de qualquer vazo, diminuindo o vaõ, que ha entre ellas, o fluido elevado por huma tocará no fluido elevado pela outra, e se sustentará em todas as paredes em circuito: pois isto he o que faz hum Tubo, que he Capilar; porque tem mui chegadas as superficies interiores do Tubo.

Para entender, e explicar bem este ponto, dividamos as columnas da agua elevadas dentro dos canudos em varias folhas circulares tenuissimas postas humas sobre outras, e o que differmos de humas porçoens, diremos das mais, e das columnas todas. Vamos pois a examinar as forças attractivas, e a massa levantada por ella, a ver se concorda o effeito com a cauza. Quando os diametros saõ diversos, as circumferencias saõ tambem diversas, e tem entre si a mesma razaõ, que os diametros: assim comparando o tubo mais estreito (*A*) com o mais largo (*C*) que tem os diametros com 1 e 4, acharemos, que as circunferencias dos Tubos

saõ

ſaõ como 1 e 4. Ora quanto maior he huma linha circular no vidro, quanto mais particulas ha, que poſſaõ attrahir a agua; e neſſe ſentido creſce a força attractiva á proporçaõ, que creſce a circunferencia do Tubo.

Porém quanto maior for a altura da agua dentro do Tubo, tanto mais particulas de vidro ha, que tóquem nella, e a poſſaõ attrahir; e aſſim devemos attender tambem á altura, e multiplicar a circunferencia pela altura da agua dentro do Tubo, para conhecer a quantidade de particulas attractivas, que ha nos Tubos: e como onde ha maior circunferencia, he menor altura da agua, e decreſce a altura della na meſma razaõ, em que creſce a circunferencia, fica huma couza compenſada com a outra; e nos dois Tubos *A* e *C* a attracçaõ do vidro he igual: porque no eſtreito a circumferencia 1. ſe multiplica pela altura 4; e no largo a circumferencia 4 ſe multiplica pela altura 1, e tudo vem a dar no meſmo.

Mas

Mas além da attracçaõ, que procede do vidro, temos outra attracçaõ, que procede das particulas da agua já suspensas, e pegadas a elle. Lancemos hum salpico de agua em hum espelho, ou qualquer outro vidro bem secco, e a prumo: vemos, que o salpico se conserva suspenso pegado ao vidro: vamos accrescentando mais agua pouco a pouco com o bico de huma penna levissimamente molhada: veremos, que o tal salpico vai engrossando pouco a pouco; e ainda sem cahir, fazendo hum bojo para fóra: neste cazo as particulas pegadas no vidro saõ attrahidas por elle: porém estas saõ as que attrahem as outras, e estas as que estaõ mais para fóra; até que o pezo de todas seja tal, que possa dissolver a uniaõ, e cahio quazi toda a gota, ficando algumas partes pegadas ao vidro; porque a adhesaõ da agua ao vidro he mais forte, que a adhesaõ de humas particulas de agua ás outras. Isto supposto se tirassemos dois pedaços de espelho com as suas pin-

gas

gas bem groſſas, e juntaſſemos huma pinga á outra, ſe pegariaõ, e ficaria a agua pendula, ſuſpendida em ambas as partes; mas defórma, que as do meio ſe ſuſtentariaõ nas outras, e eſtas nas outras, e as ultimas no vidro. Iſto ſuppoſto, que me parece evidente, digo, que no Tubo Capilar as particulas da agua, que ficaõ no centro deſſas porçoens circulares, ſe devem ſuſtentar nas outras viſinhas attrahidas por ellas, e eſtas nas ſeguintes, e as ultimas no vidro; e por conſeguinte, ſe quereis examinar toda a força da attracçaõ, que ha nos Tubos, haveis de attender, além do que eſtá dito, aos raios de cada Tubo; iſto he o numero de particulas, que vaõ do centro até ás paredes do Tubo, porque todas eſſas particulas ſaõ attrahidas pelas que já eſtaõ ſuſpenſas, e attrahem as outras mais diſtantes. Iſto poſto no Tubo largo *C* o raio he a reſpeito do eſtreito *A* como 4 para 1: logo as forças attractivas, que atéqui ſe achavaõ iguaes, agora no Tubo largo *C* ſe achaõ

maio-

maiores, que em *A* na proporçaõ de seus raios, ou como 4 para 1.

Calculemos agora o effeito desta attracçaõ, e as columnas de agua elevada sobre o nivel. No Tubo largo *C* a columna tem huma baze 16 vezes maior que em *A*, porque as bazes saõ circulos, e estes saõ como os quadrados dos diametros: por conseguinte se estes estaõ na razaõ de 1 para 4, os circulos, ou bazes das columnas estaraõ na razaõ de 1 para 16. Attendamos agora á altura dellas: no estreito *A* a columna tem altura 4; e no largo *C* tem altura 1; multiplicando logo bazes por alturas para conhecer o valor das columnas, temos em *A* baze 1 multiplicada por altura 4, que val 4; e no largo *C* temos baze 16 multiplicada por altura 1, que val 16. Estaõ logo as massas, ou quantidade de agua suspensa nos dois Tubos, como 4 para 16, que vem a ser huma quatro tantos da outra, como eraõ as forças attractivas.

Advirto, que esta agua naõ está totalmente suspensa pela attracçaõ,

çaõ, o que ſe prova tirando o Tubo fóra da agua inferior, que logo cahe, e fica, quando muito, no fim huma porçaõ mui pequena, tal que o pezo naõ ſeja baſtante para diſſolver a uniaõ das partes da agua entre ſi, como ſuccede, quando metemos a penna no tinteiro, de fórma, que a tinta cubra todo o aparo; porque retirando a penna fica huma como ſuperficie circular de tinta, que tapa todo o vaõ da penna, e no meio he mais delgada, e tranſparente; na circumferencia mais denſa, e eſcura: aſſim pois ſuccede nos Tubos capilares, quando naõ ſaõ nimiamente largos; cahe a agua aſſim que ſe levanta fóra della o tubo, e ſó fica huma porçaõ taõ tenue, que a attracçaõ zomba do pezo: eſta deſcida da agua prova, que a agua inferior do tubo tambem ſuſtentava parte do pezo deſtas ſuperficies circulares, em que dividimos as columnas. E por iſſo naõ ſe ſuſtenta a agua em toda a altura do tubo; porque ſe cada ſuperficie, ou porçaõ circular da agua carrega

em parte nas superficies inferiores, em carregando muito, a inferior foge, e desce a columna.

Falta dar a razaõ de huma palavra *quazi*, que eu (contra todos os Fisicos) ajuntei á proposiçaõ geralmente recebida. Costumaõ dizer todos, que a subida da agua he na razaõ inversa dos diametros; e eu disse *quazi na razaõ inversa* &c. A razaõ deste meu escrupulo he a experiencia commum e constante da *figura* 6 (*Est.* 2.) nós vemos, que a abertura dos dois vidros decresce na razaõ Arithmetica de 6, 5, 4, 3, 2, 1, e vemos tambem que o fluido naõ sobe nessa razaõ, porque se assim fosse havia de fazer huma linha recta, como essa *m n* de pontinhos, que eu fiz na figura: esta linha assim he que sóbe na razaõ Arithmetica de 1, 2, 3, 4, 5, 6; porém o fluido faz huma linha curva, que sóbe sensivelmente na razaõ de 1, 4, 9, 16, 25, 36, que he a razaõ inversa dos quadrados das distancias. Eu querendo conciliar esta experiencia constante com a

lei

lei geral, naõ pude; e por isso a modifiquei pondo a palavra *quazi*: Quem naõ tiver esse escrupulo, naõ uze della.

Agora falta responder a algumas difficuldades, que se oppoem a esta doutrina. Mr. Jurin fez varias experiencias attendiveis sobre este ponto, que eu referirei. Tomou hum tubo em sima mui estreito (*Fig.* 15. *Est.* 2.) e capilar; e embaixo mui largo de 7, ou mais linhas de largo, como os funís de que nos servimos para encher os barometros, meteu-o na agua, e foi-o levantando para sima do nivel, e a agua se conservava suspensa, ficando o funíl todo cheio de agua. Est. 2. fig. 15.

Quiz ver se esta suspensaõ procedia da attracçaõ das partes, que fazem a abobada *m n*, a qual obra directamente contra o pezo da agua inferior, e tentou esta experiencia: *Fig.* 16. tomou o funíl vazio de agua e metendo-o nella até quazi tocar na abobada *m n*, lhe poz huma gota de agua no orificio do tubo capilar *o*, e depois o levantou: observou, que a agua se suspendia mui-

to aſſima do nivel, ſem que tocaſſe na parte do vidro, que formava abobada, para ſer attrahida por ella. Iſto o fez deſanimar, para naõ attribuir á attracçaõ a ſuſpenſaõ da agua nos tubos capilares.

Porém eu acho, que aqui ſe deve advertir huma couza mui eſſencial. Se o tal funíl, (que certamente naõ entra na claſſe, nem na razaõ dos tubos capilares, por ſer demaziadamente largo) ſe conſerva cheio de agua, ou em todo, ou em parte, aſima do nivel, he porque eſtá tapado por ſima, ſeja com o dedo, ou ſeja com agua, tudo faz o meſmo effeito. Se nós taparmos com o dedo o capilar, e levantarmos o funíl, virá com a agua que tinha, pouca ou muita; aſſim como ſuccederia com hum cópo voltado, que tiveſſe hum buraco no fundo, ſe nós o tapaſſemos bem com o dedo. Ahi todos viaõ, que era o pezo do ar, que carregava no liquido externo, e naõ no interno, o que obrava eſte effeito, conforme vos expliquei tratando do ar, e vós

viſtes voltando hum cópo quazi cheio de agua, e tapado com hum prato (*Fig.* 17. *Eſt.* 2.) Ora ſe no fundo tiver hum buraco, grande, ou pequeno, mas tambem tapado, teremos o meſmo effeito, e pela meſma razaõ; e ſe for como o do capilar tenuiſſimo da experiencia, com a agua ſómente ſe poderá tapar baſtantemente, tanto como com o dedo, porque vemos, que á proporçaõ do vaõ do buráco hade ſer a reſiſtencia, que ſe oppoem á entrada do ar. Eſt. 2. fig. 17.

Advirto, que a preſſaõ do ar ſobre hum buraco, quando debaixo ſe fórma algum vacuo, he muito mais forte, do que quando debaixo delle temos ar na ſua compreſſaõ natural. Nós, quando fazemos eſta experiencia, temos dentro do funil, ou do cópo, ar na ſua compreſſaõ natural, que reſiſte a todo o ar ſuperior, e ſe equilibra a elaſticidade de hum com o pezo do outro, e a agua he baſtante para fazer ceſſar a entrada: porém ſe debaixo ſe fizer vacuo por meio da maquina, entaõ

di-

diminuida a compressaõ, e a elasticidade do ar inferior, prevalece o pezo do externo, e superior; e a agua naõ será bastante para fazer cessar a acçaõ do pezo, que hade ser vencedora.

Agora vamos averiguar o ponto principal, e vos vou a referir as experiencias que tenho feito. I. Tomei quatro funis de vidro, desses com que se costumaõ encher os barometros, cujas bazes eraõ de 10, ou 12 linhas de diametro, e os capilares, em que terminavaõ eraõ tenuissimos, porém huns mais delgados que outros: enchi todos de agua com os capilares para baixo, e por dois sahia a agua em fio, por dois sómente em gotas, e por hum ellas eraõ mais vagarozas, que pelo outro; e aqui conheci eu a differença dos diametros, que os olhos naõ podiaõ distinguir.

II. Mergulhei successivamente todos 4 na agua com os capilares para sima, e vi que nos dois mais apertados a agua naõ entrava, porque o ar interno naõ podia sahir pelos

ca-

capilares já molhados interiormente pela experiencia precedente: excepto ſe os metia de todo na agua, e ainda mais abaixo, porque entaõ ſahia o ar pelos capilares com muito trabalho, formando bolhas mais, ou menos tardías, confórme eraõ mais, ou menos eſtreitos os capilares.

III. Enchi todos 4 de agua e voltei os capilares para ſima, e vi, que os dois mais eſtreitos, por onde a agua ſómente ſahia em gotas, ſe tiravaõ quaſi todos fóra da agua, cheios della: nos outros dois mais largos, em ſahindo o orificio dos capilares 10, ou 14 linhas, derepente deſprendia a agua do capilar, e ficava interiormente no nivel da exterior.

IV. Tomei os dois mais eſtreitos, e enchendo-os parte de agua, os voltei com a boca para baixo, mergulhando-os nella; deixando porém os capilares de fóra, e boa parte da abobada, que fazia o funil, e tapando com o dedo ſecco os capilares, retirando depois os funis para ſima, a agua interior ſubia mui-

muito aſima do nivel, como ſucce-
de em qualquer outro vazo tapado
por ſima.

V. Em vez de tapar com o dedo
ſecco os capilares, lhe toquei com
o dedo molhado, vi que immedia-
tamente ſe enchiaõ de agua 6 ou 7
linhas do capilar; e que hindo de-
pois retirando manſamente o funil,
a agua interior ſubia com elle, e fi-
cava muito aſima do nivel, como
ſe o capilar eſtiveſſe tapado com o
dedo, naõ obſtante, que havia gran-
de intervalo entre a agua do groſſo
do funil, e o capilar tapado com
agua.

VI. Tirei eſtes dois funis da agua,
e voltando os capilares para baixo,
e para ſima, a agua ſe conſervava
nelles por 11 e 12 linhas ſem cahir,
eſtando no ar livre.

VII. Sacudi com força os funis,
cahio alguma agua; mas ſempre fi-
cava parte dentro, e ſómente, ſo-
prando com força, os vazava de to-
do. Deſtas experiencias infiro o ſe-
güinte.

I. Que ſe a adheſaõ da agua ao

vi-

vidro neſtes capilares he taõ forte, que nem ſacudindo com força o capilar, a agua interna o larga; e por iſſo póde tapar os capilares de modo, que a cauza da ſuſpenſaõ da agua nos funis, que terminaõ em capilares, ſeja o eſtar o capilar tapado. Iſſo he baſtante para que o ar naõ entre a pezar ſobre a agua interna, aſſim como péza ſobre a externa.

II. Que ſe o capilar naõ he taõ eſtreito, já a adheſaõ da agua interna naõ he taõ forte, que poſſa reſiſtir ao pezo do ar, o qual creſce conforme o quadrado do diametro interno do capilar, como já vos diſſe; e por iſſo o ar entra, e a agua interna cahe.

III. Que iſto que ſe diz do funil, que ſe conſerva cheio, ſe diz daquelle, que ſe conſerva meio de agua, e vai ſubindo; porque a razaõ de eſtar vedada a communicaçaõ do ar externo he a meſma.

IV. Que naõ he o annel da ſuprema ſuperficie interna do capilar, a cauza da ſuſpenſaõ da agua, como

mo

mo quer Mr. Jurín ; nem o annel infimo da superficie interna do capilar, como Mr. Clairaut dá a entender he a cauza da suspensaõ dos fluidos nos capilares, e nos funis ; mas a que tenho dito, da adhesaõ da agua nos capilares ao vidro, e tambem a das particulas da agua humas ás outras.

Do que temos dito se infere, que nos córpos esponjozos, como a esponja, e assucar em pedra, trocídas molhadas &c. e outras similhantes, a agua hade subir asima do nivel, porque os seus póros saõ tubos capilares tortuozos, e retrocidos, que naõ perdem por isso a virtude de attrahir os fluidos ; antes a augmentaõ : porque as columnas do fluido quanto mais tortas, e retrocidas, mais descançaõ nas partes sólidas, e menos perigo tem de cahir.

E baste sobre esta materia : nas cartas seguintes vos tratarei de outras, que naõ saõ menos importantes.

Fim da terceira Carta.

CAR-

CARTA IV.

Sobre a Firmeza, e Fluidez dos Córpos.

ORa vamos, Amigo, aparando a penna, e preparando o tinteiro para a carta do correio que vem, porque a pressa, e inexoravel obstinaçaõ de partir á ora preciza, me naõ prive do gosto de escrever-vos.

As particulas de materia, ou sejaõ as primitivas, ou as que já saõ compostas de outras, pódem prezentar humas a outras as suas faces por differentes modos; e d'ahi vem que o contacto he mais, ou menos perfeito, e a adhesaõ, ou uniaõ mais, ou menos forte. Naõ tireis daqui a consequencia precipitada, que quanto mais pezado for o corpo, mais duro, e firme será. Naõ digáis isso, porque ahi está o chumbo mais pezado, que o cobre e o ferro, e menos duro que elles. A ra-

razaõ he; porque as particulas póde-dem estar mui juntas, e tocar-se mui mal. Num saco de ballas estaõ o mais juntas, que póde ser, e só se tócaõ em pontos (supponhamo-las perfeitamente esféricas) Num armazem de caixas, ainda sem esta-rem demaziadamente arrumadas, se tócaõ mais perfeitamente, se estaõ todas assentadas; porque depende da figura das particulas o ajustarem-se milhor, ou menos bem; e dos póros he que depende o estarem mais, ou menos apertadas.

Ora ainda que eu digo, que a dureza, ou firmeza nas particulas, depende da sua figura mais, ou me-nos propria para o perfeito conta-cto, naõ duvido, que nas particu-las sensiveis, ou compostas de mui-tas outras, a contextura seja a cau-za immediata da sua mais facil, ou mais difficil solubilidade, como ve-mos nas córdas, fiádo, e tecidos. Nos compóstos naturaes póde haver couza similhante, como vemos na esponja, e couzas similhantes. Pós-tos estes principios, facil he expli-car varios effeitos.

Ef-

Effeito I.

AQui cahe bem o explicar como o fogo póde fazer fluidos muitos córpos em ſi duriſſimos, como ſaõ os metaes &c. Já vos diſſe, que o fogo communicava o calor aos córpos, introduzindo-lhes particulas de fogo mais e mais, até já as naõ podêr alojar em ſi; de ſorte que entaõ quantas entraõ por huma parte tantas ſahem pela outra; como ſuccede na agua fervendo, a qual aquece ſucceſſivamente á proporçaõ do numero de particulas de fogo; mas quando já ſaõ tantas, que naõ ſe pódem accommodar nas particulas de agua, ſahem aos borbolhoens para ſima, e a agua por eſta razaõ já naõ creſce no calor, tanto que ferve. O meſmo ſuccede nos metaes, que em fervendo, naõ pódem creſcer no gráo de calor. Ora eſta multidaõ infinita de particulas de fogo, que ſe intromettem nas particulas do metal, forçozamente haõ de ſeparar humas das

ou-

outras; logo naõ se tócaõ taõ perfeitamente, como d'antes; e por conseguinte a attracçaõ mutua dellas hade ser muito menor. Eisaqui porque o metal com o calor amolece; com mais calor se funde, e faz liquido: com maior calor ferve; tornando outra vez ao seu primeiro estado á proporçaõ, que esfría, e vai perdendo as particulas estrangeiras do fogo, proprias do metal: entaõ se ajustaõ outra vez e se tócaõ, ficando taõ pegadas, como d'antes. Ora Amigo, se fosse preciso para a uniaõ, que ellas estivessem entrelaçadas humas com outras, era hum tanto difficil de crer, que se tornassem a tecer, e entrelaçar, como dantes, simplesmente pelas deixarem esfriar, e aquietar. Considerai nisto, e me achareis razaõ.

Effeito II.

DAqui se explica, como muitas vezes dois metaes fundidos, e misturados, ficaõ mais rijos do que cada hum delles era: O cóbre com

o eſtanho fazem o campaníl ou o metal, de que ſe fundem os ſinos; metal muito mais rijo, que qualquer dos ſimples. A razaõ he, porque da configuraçaõ das particulas de hum provém, que mais póde quadrar ás do outro metal eſtranho, do que as particulas homogeneas do meſmo metal; e de ajuſtar humas particulas, e quadrar mais, ou menos, provém o ſerem mais, ou menos attrahidas, e pegadas ás outras ſuas viſinhas.

Effeito III.

MUitas vezes acontece, que dois fluidos juntos por mais que os miſturem, nunca pódem ligar. Deſta tal, ou qual configuraçaõ de particulas, que cada hum tém, poderá proceder, que as particulas de hum naõ tóquem nas do outro, ſenaõ de hum modo mui imperfeito, tocando-ſe mutuamente entre ſi muito milhor: por iſſo cada fluido ſe une entre ſi, e naõ ſe une com o eſtranho. Mas ſe em fim á força de bater, e miſturar, ſe

con-

consegue, que se liguem, se deve suspeitar ou alguma divizaõ nas particulas sensiveis, e maiores, a qual mudando a figura, as ponha mais aptas para se cazarem. Os oleozos, e humidos tem esta antipatía, que lá se vence algum tanto á força de diligencia.

Effeito IV.

D'Aqui deve proceder a attracçaõ do azougue, e do ouro, do azougue, e do chumbo, ou estanho &c. Esta attracçaõ procede de que mais quadraõ as particulas do azougue com as do ouro, chumbo, ou estanho, que comsigo mesmas; e por isso facilmente separamos huma gota de azougue da outra; e depois que o azougue tocou o metal amigo, só com o fogo, ou outra diligencia violenta o larga. Adverti meu amigo, que toda a vez, que lançando o azougue sobre hum prato, ou sobre hum panno &c. vires, que elle faz huma cauda, e naõ procura a figura redonda,

da, he ſinal que tem eſtanho, ou chumbo miſturado. A razaõ deſta trapaça frequentiſſima he, que o chumbo he mais barato, que o azougue; e quem vende eſte metal, acha conveniencia em vender trez quartas de azougue, e huma de chumbo, como ſe foſſe hum verdadeiro arratel de azougue: e deſte engano procede, que dois barometros bons differem muitas vezes na altura do azougue: Hum dará 28 polegadas, quando o outro dá 28 e trez linhas; ſe o azougue deſte naõ he bem puro de liga, fica mais leve, que o azougue puro; e por iſſo a ſua columna hade ſer mais alta para pezar o meſmo, que a outra.

Effeito V.

NAõ me atrevo a explicar ſó por eſte principio os effeitos, que muitos attribuem á repulſaõ poſitiva das particulas da materia: Vemos taes effeitos nas erupçoens do ar compreſſo violentamente, e no vapôr quente da agua, na polvora &c.

que julgo precisa cauza positiva de movimento, e que naõ basta a cessaçaõ de cauza attractiva: a seu tempo fallaremos. Graças a Deos, que já o nosso amigo Silvio nos naõ impede o fallar em tantas attracçoens, e repulsoens. Quando porém encontrares algum Sebastianista, que se escandalize, dizei-lhe mansamente, que sois da sua opiniaõ, e que esperais a vinda de Aristoteles ao mundo, para ver como elle explica as attracçoens, e repulsoens do Iman; as attracçoens, e repulsoens dos córpos electricos, e electrizados; e que entaõ vós com essa mesma lingoagem explicareis o que agóra baptizais com attracçaõ, ou repulsaõ. Cuidei, que fosse mais difuzo nesta carta; agradecei-o a hum bom defluxo, que me obriga a ser curto, mas naõ a ser difficil em vos servir, como quem he &c.

Fim da quarta Carta.

CAR-

CARTA V.

Sobre o Centro da Gravidade.

JÁ que vos ſaõ taõ agradaveis as minhas enfadonhas, e larguiſſimas Cartas; e o tempo naõ vos tem embotado o goſto, ou diminuído o appetite, com que ſempre appeteceſtes as reflexoens, que vos faço, neſtas materias da Fiſica, deixarei correr a penna bem á vontade, quanto ella quizer. Perguntais-me, que couza ſeja *Centro da Gravidade*, porque neſta materia fui mui eſcaço com voſco, e encontrais frequentemente nos livros algumas doutrinas, que daqui dependem. Eu vou a ſatisfazer-vos.

Chamamos *Centro da Gravidade* aquelle ponto, pelo qual ſe ſuſpendeſſemos hum corpo, todas as ſuas partes ficariaõ em equilibrio.

Já vêdes, que ſendo corpo homogeneo, e de figura regular, como huma regoa de marfim, ou de madeira (*Eſt.* 3. *Fig.* 1.) aquelle ponto, que ficar bem no meio do com- Eſt. 3. fig. 1.

primento, e bem no meio da largura, e bem no meio da grossura, he que se deve chamar centro da gravidade, porque entaõ se suspendessemos a regoa por esse ponto, ficaráõ todas as partes em equilibrio. Mas se a regoa de hum lado (*m*) for mais pezada, já o centro da gravidade naõ hade ser no ponto do meio, mas hade ser para a parte de (*m*); pois se assim naõ for, a parte (*m*) cahirá para baixo.

Já daqui se infere, que no corpo humano, o centro da gravidade naõ he algnm ponto fixo; porque se estamos em pé, com os braços cahidos, e cabeça direita, será hum certo ponto no nosso ventre; mas se movermos os braços para diante, já o centro muda; porque já entaõ a parte de diante péza mais, que as costas, e nesse cazo convém tomar por centro outro ponto, que se chegue mais diante: O mesmo se diz, se os braços se moverem para os lados, ou a cabeça &c. Assim nos animaes o centro da gravidade muda a cada movimento dos seus membros.

O

O modo prático para achar num corpo inanimado, e irregular, o centro da gravidade, he pegar de huma faca, ſentála ſobre a meza com o córte para ſima; e pôr ſobre ella o corpo atraveſſado, puxando-o ora mais, ora menos, até que no comprimento fique em equilibrio: depois carregue-ſe ſobre o corpo, para que a faca deixe huma riſca impreſſa nelle: tire-ſe, e ponha-ſe de outro modo ſobre a faca: tenteie-ſe o equilibrio do meſmo modo, e carregue-ſe, e onde os dois vincos ſe cruzarem, ahi he o centro da gravidade.

Na groſſura naõ ſe póde achar por eſte modo facilmente, ſe ella he pouca; ſendo maior, deve-ſe fazer a meſma diligencia; e deſte modo quanto a linha ſinalada pela faca diſtar da ſuperficie primeira da taboa v. g.; tanto hade ſer profundo o furo feito no encruzamento dos primeiros dois riſcos, para encontrar com o centro da gravidade. Se a figura do corpo he mui irregular em tudo, comprimento, largura,

e

e grossura, he quazi impossivel achalo por este methodo, sem engano. Supposto porém, que se achou, eu vos dou em varias proposiçoens a doutrina para explicar muitos effeitos; huns ordinarios, e outros admiraveis, e extraordinarios.

PROPOSIÇAÕ I.

Se o Centro da Gravidade está sustentado, o corpo naõ póde cahir: porém se o centro naõ ficar sustentado, logo o corpo cahe. (*Fig.* 2.)

Fig. 2.

PONhamos hum corpo *A* sobre a borda de huma meza, e vamos puxando o tal corpo para fóra, em quanto a linha, que vem a prumo do centro para baixo cahir na meza, o corpo naõ hade cahir; mas tanto que sahir, de fórma que a tal linha caia fóra da meza, o corpo se precipitará. Isto basta para entender a lei.

A razaõ e prova da lei em geral,

ral, he esta: O centro, se está sustentado, naõ póde cahir: Ora estando elle fixo, para que o corpo caia, he preciso, que ou caia para hum lado, ou para o outro: porém isto naõ póde ser; porque ambos os lados estaõ em equilibrio, como se suppoem, logo o corpo fica immovel. Assim como se suspendemos huma balança pelo eixo, fica immovel, porque o eixo está seguro, e naõ cahe: e estando elle fixo, ou a balança hade cahir para huma parte, ou para a outra; mas estando em equilibrio, nenhuma hade preferir. Porém se suspendermos a balança, naõ pelo eixo, mas por alguma parte á ilharga, logo ella hade cahir, porque as duas partes naõ ficaõ em equilibrio.

Advirto agora, que *se o centro está seguro, o que fica a prumo, para sima, ou para baixo tambem o está.* Os pontos para sima, porque naõ pódem descer, sem se penetrarem com o centro fixo, que lhe fica a prumo. Os outros, que ficaõ por baixo delle tambem a prumo, igual-

men-

mente naõ pódem cahir, ſem ſe ſepararem do centro, que eſtá fixo; e aſſim toda a linha a prumo do centro fixo, he linha ſegura.

Iſto poſto, ha trez modos de ſuſpender o centro da gravidade, combinando com elle o centro do movimento, ou o ponto fixo.

Fig 3. (*Fig.* 3.). Ponhamos huma regoa igual de ambas as partes: façamos-lhe 3 furos na linha do meio, para podêr atraveſſa-la com hum alfinete. Primeiramente, ſe atraveſſamos a regoa pelo furo do meio, ſeguramos o centro da gravidade em ſi meſmo, pondo nelle o centro do movimento. Em ſegundo lugar, ſe atraveſſamos a regoa pelo furo ſuperior, ſeguramos o centro da gravidade por ſima, ficando ſuſpendido; e fica o centro da gravidade abaixo do centro do movimento. Em terceiro lugar ſe atraveſſamos a regoa pelo furo inferior, ſeguramos o centro da gravidade por baixo; mas entaõ fica o centro da gravidade aſſima do centro do movimento.

Iſ-

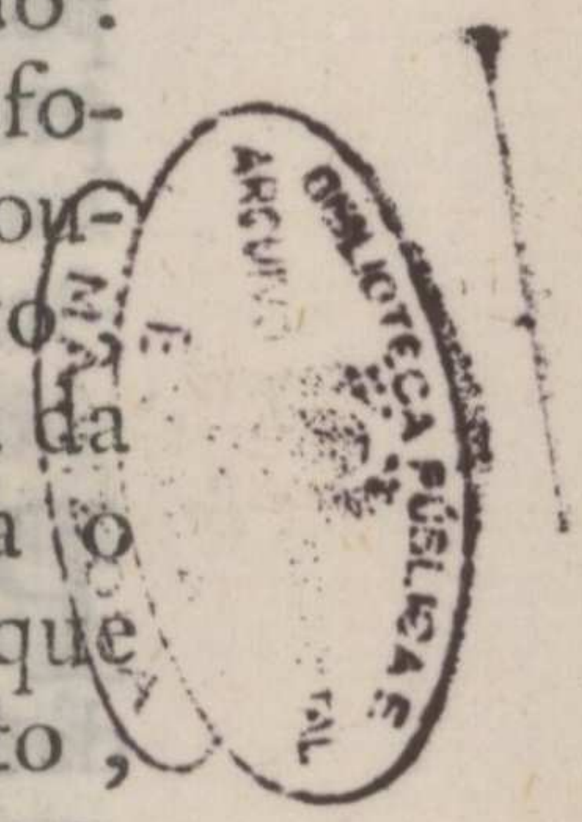
Isto supposto dou-vos trez resoluçoens, ou regras. I. *Se o centro do movimento se confundir com o da gravidade, em qualqver postura, que se ponha o corpo, ficará immovel:* porque se tudo de parte a parte está em equilibrio, nenhuma parte póde mover, ou abalar a outra. Por isso atravessada a regoa pelo furo do meio, fica quieta. II. *Se o centro da gravidade ficar abaixo do centro do movimento, naõ póde cahir o corpo; e balanceando virá a buscar a situaçaõ primeira.* E assim, se infiarmos a regoa pelo furo superior (*Fig.* 4.) e a movermos, ella per si mesma virá buscar a situaçaõ horisontal. A razaõ he, porque nesta situaçaõ o centro estava suspendido por sima, e a regoa horisontal naõ podia cahir per si: porém movendo-a para hum, ou outro lado, como o centro fica fóra da linha a prumo, cahirá para baixo; mas cahindo, (*Fig.* 4.) vem-se a metter na linha a prumo, que está sustentada pelo prego; e ainda que o movimento similhante ao do pendulo, Est. 3. fig. 4.

o faça passar á outra parte, de lá voltará, e hade ficar ultimamente na linha do prumo. III. *Se o centro da gravidade ficar por sima do*
Fig. 5. *centro do movimento* (*Fig.* 5.) *em se tirando o centro desta linha, o corpo se precipitará*: v. g. se infiarmos a regoa que dissemos pelo furo inferior será mui difficil, que a regoa naõ caia; porque em quanto estiver bem horisontal, o centro está sustentado pelo prégo, que lhe fica por baixo: mas se desmentir qualquer couza do nivel, já o centro da gravidade sahe para fóra da linha do prumo; e cada vez se hade affastar mais delle, e a regoa cahirá de todo.

Desorte, que ha grande differença de sustentar o centro da gravidade por sima, ou por baixo. Quando o sustentaõ por sima, o corpo póde mover-se, e hade buscar per si mesmo o estado em que estáva; porque o centro da gravidade (*Fig.* 4.) quando sahir fóra do prumo, sóbe; e se o deixarem, cahe; e quanto mais cahir, mais

buſ-

buſcará o prumo, onde ficará ſeguro. Mas quando o centro da gravidade ſe ſuſtentar por baixo (*Fig.* 5.) em ſahindo fóra do prumo, cahe; e ſe o deixaõ cahir, cada vez ſe deſvia mais da linha do prumo, onde ſómente podia eſtar ſeguro. Neſte cazo o centro cahindo faz hum arco convexo; n'outro o faz concavo: por iſſo num cazo, quanto mais deſce, mais buſca o prumo: noutro quanto mais deſce, mais foge delle. Naõ deſprezeis eſta doutrina, que vos ſervirá para muito, e particularmente para a doutrina da balança commum, em que para o correio vos direi alguma couza, que vos hade agradar. Suppoſto iſto, vamos a explicar varios effeitos naturaes, huns ſabidos de todos; outros ſómente dos que eſtudaõ. Fig. 5.



Effeito I.

QUalquer corpo (*A Fig.* 6.) (v. g. hum grandiſſimo queijo de Parma ou de *Bruyere*, que ainda ſaõ maiores) ſe póde ſuſten- Fig. 6.

tar

tar sobre hum páo de grossura de hum dedo, se lhe souberem buscar o centro da gravidade. Porque pondo o centro sobre hum lugar fixo, naõ póde cahir, nem a prumo, por ser o lugar fixo; nem para hum, ou outro lado, porque tudo se suppoem em equilibrio: logo naõ póde cahir. Porém qualquer movimento, que lhe dem, cahirá logo, porque o centro sahindo da linha a prumo, naõ a poderá achar.

Effeito II.

PEla mesma razaõ podemos sustentar huma espada, hum bordaõ &c. ao alto sobre huma unha, correndo huma salla; mas fazendo-o desorte, que o centro da gravidade fique sempre a prumo em toda a salla.

Effeito III.

OS que dançaõ na córda, por este só preceito he que fazem todas as suas habilidades; porque tem cuidado em que o centro da gra-

gravidade caia ſempre a prumo na corda. Para iſſo ſe ſervem da marôma, iſto he, de bum bordaõ groſſo, ou com duas bolas nas extremidades; por quanto eſte bordaõ nas maõs do dançador, tambem deve entrar na conta para o centro da gravidade: o noſſo centro da gravidade naturalmente fica correſpondente ao embigo, para dentro do corpo quazi meia groſſura do ventre: porém ſe nas maõs tenho hum pezo, conforme o affaſto de mim para diante, ou para os lados, aſſim faço ſahir de ſeu lugar o centro da gravidade; e deſte modo, quando ſentem, que o corpo pende para hum lado, affaſtaõ a marôma para o oppoſto, e vai o centro da gravidade buſcar a corda para deſcançar ſobre ella.

Effeito IV.

QUando andamos naturalmente, ſempre a cabeça anda para os lados, o que ſe obſerva bem, pondo-ſe hum fixo por de-

traz

traz do que vai andando. Obſervará, que ſempre poem a cabeça a prumo daquelle pé, ſobre que ſe firma; e como ora nos firmamos ſobre o pé direito, ora ſobre o eſquerdo, ſegue a cabeça os meſmos movimentos. A razaõ diſto he; porque ſempre o centro da gravidade hade cahir a prumo ſobre o pé, que ſerve de baze, ſobre a qual nos eſtribamos, para naõ cahir.

Effeito V.

OS Arrieiros, quando andaõ a pé, vaõ com os braços pendurados balanceando, ora para hum, ora para outro lado, o que lhes facilita muito o andar. A razaõ he; porque os dois braços no balanço, que fazem para a direita, levaõ o centro da gravidade para eſſa parte, e aſſim naõ tem os muſculos do reſtante do corpo trabalho para impellirem para eſſa parte o pezo do corpo, e o centro da gravidade.

Eſ-

Effeito VI.

QUando eſcorregamos, cahindo para hum lado, vamos naturalmente com os braços para a parte oppoſta, affaſtando-os muito do corpo, a vêr ſe por eſte modo evitamos a quéda, convertendo-ſe a quéda em cabrióla. A razaõ he; porque ſe o pé reſvalou para o lado direito, para ahi vai a baze: convém logo, que para eſſa parte vá taõbem o centro da gravidade para ficar ſobre ella. Ora para iſſo convém mover para eſſe lado qualquer parte do corpo, e os braços ſaõ o que eſtá mais prompto: por iſſo logo acudimos a eſtendelos com força para eſſa parte; e ſuccede muitas vezes, que nos ſuſtentamos ſem cahir.

Effeito. VII.

NAs carruagens ſe deve obſervar, onde fica o centro da gravidade, para ſaber o perigo que tem,

tem, de tombar. Primeiramente: toda a vez, que a surroda a inclinar de sorte, que o centro da gravidade caia fóra da baze, que he a distancia das rodas, já se sabe, que hade tombar: ora quanto mais alto andar o centro da gravidade, mais facil he o sahir ella fóra desta baze, porque descreve hum arco maior, quando a sege inclina. Por isso se vem os seguintes cazos.

I. Huma sege vazía tomba mais facilmente, que com gente; porque com gente vai o centro da gravidade mais para baixo.

II. Hum carro de palha tomba mais facilmente, que carregado com barras de ferro, porque neste o centro da gravidade vai quazi no leito do carro, e he quazi impossivel, que tombe: no de palha porém o centro vai muito alto.

III. Para correr a pósta, e evitar os balanços, carregaõ de chumbo os fundos das caixas da sege, em ordem a que o centro da gravidade fique mui baixo.

IV. Para o mesmo effeito fazem

as

as rodas mui largas, em ordem a que a baze ſeja mui grande, e naõ ſucceda cahir fóra della o centro da gravidade.

V. As ſeges mais airózas, que ſe uzáraõ em Lisboa algum dia, cujas caixas tinhaõ huma baze eſtreita, e as cabeças grandes, ſe voltavaõ a cada paſſo; tombando primeiro a caixa da ſege ſobre o jogo, e depois de tombada a caixa, levava o jogo comſigo.

Effeito VIII.

SE hum homem ſe encoſtar a huma parede com os pés á Franceza (como ſe explicaõ) e os calcanhares tocando na parede, naõ poderá apanhar o ſeu chapéo ſe lhe cahir no chaõ adiante delle.

A razaõ he; porque a baze deſte homem he o eſpaço, que ſe comprehende, deſde a linha, que paſſa pelos bicos dos pés até á parede. Em quanto o homem eſtá a prumo, o centro da gravidade cahe neſta baze; mas para ſe abai-

xar para apanhar o chapéo, os joelhos por força haõ de sahir para fóra, e tambem a maõ para o apanhar. Isto faz, que o centro da gravidade vai para diante, e cahe fóra da baze, e o homem vai a cahir de narizes.

Effeito IX.

SEntai-vos em hum tamborete bem chegado com os joelhos á parede, e com os pés tocando tambem nella; naõ vos podereis levantar; só se recuares com os pés para traz. A razaõ he; porque estando sentado, o centro da gravidade cahe no tamborete: para vos pôres em pé, he precizo, que elle caia sobre os pés; e para isso convém dar grande movimento ao corpo para diante; e neste movimento temeis quebrar a cabeça na parede. Já se suppoem, que haveis de pôr os pés á Franceza, isto he, na postura natural. Quem tiver os pés mui compridos, como faz baze grande, póde ás vezes levantar-se,

ain-

ainda que com trabalho, porque faz a baze nos calcanhares diſtantes da parede, e ſobre elles fica o centro.

Effeito X.

SObre hum plano inclinado (*Fig.* 7.) a figura do corpo conduz muito para ſe ſuſtentar, ou rolar. Se o corpo he redondo *A*, por pouco que ſe incline o plano, logo o centro da gravidade cahe fóra da baze: no que he ſeiſtavado *B*, ainda o centro cahe dentro da baze, ſe for pequena a inclinaçaõ; e muito mais no que he quadrado *C*. Porém tanta póde ſer a inclinaçaõ do plano, que todos venhaõ a rolar pela razaõ explicada. Eſt. 3. fig. 7.

Effeito XI.

HUma experiencia ſe faz ſegundo eſtes principios, que admira aos que a vem. Poem-ſe ſobre hum plano inclinado hum Cilindro grande (*Fig.* 8.) e em vez de cahir, ſóbe per ſi meſmo para ſima, Eſt. 3. fig. 8.

e em certa diſtancia pára, ſem que ninguem o ſuſtenha. Conſiſte o ſegredo em que por dentro ſe tem poſto huma grande porçaõ de chumbo arrumada toda a hum lado, de que procede, que o centro da gravidade naõ fica no centro do volume, mas perto da borda em *a*. Neſte cazo o tal centro *a* cahe fóra da baze para a parte de ſima, porque aſſim colocáraõ de propoſito o dito Cilindro; e como o centro, fica fóra da baze, hade cahir. Ora o centro *a* cahindo para baixo, faz que o Cilindro todo role pelo plano aſſima, até que o centro fique junto da baze (*m*); e entaõ he que o corpo ſocéga. Mas para quem ignora o ſegredo he couza admiravel ver o Cilindro dançando no plano inclinado, e balanceando, ora para baixo, ora para ſima, até ſe ſuſtentar per ſi meſmo em paragem certa. Advirto, que naõ convém, que a taboa, que ſerve de plano, ſeja mui liza, para que naõ ſucceda, que o Cilindro eſcorregue.

Ef-

Effeito XII.

OUtra experiencia ha mui galante, e que tambem á primeira vista admira grandemente. Est. 3.
(*Fig.* 9.) Formemos hum corpo fig. 9.
A composto de duas piramides redondas (a que chamaõ Cónes) juntas pelas bazes. Convém que seja de madeira pezada e bem torneada (alguns o fazem de bronze). Temse já preparadas duas regoas *BD* juntas numa extremidade *D*, e abertas pela outra *B* : na extremidade aberta tem estas regoas huns saltos, que as levantaõ ; e na parte, *D*, em que estaõ juntas, assentaõ no chaõ. Isto preparado péga-se no corpo *A*, e atravessa-se sobre as regoas, e vê-se com admiraçaõ, que em vez de rolar para a parte do angulo *D*, em que as regoas estaõ mais baixas, o corpo róla para a parte *B*, em que as regoas estaõ visivelmente mais levantadas ; desorte que he preciso pôr ahi dois preguinhos, para que o corpo naõ saia fóra das

re-

regoas. Se acazo impellem o corpo *A* para a parte *D*, sim vai; mas acabado o impulso, volta per si mesmo para a parte mais alta *B*.

Explicaçaõ.

ESte effeito he enganozo: parece, que o corpo sóbe, e verdadeiramente desce, o que se conhece claramente, medindo quanto dista do bofête, quando *A* está em *D*, e quando está em *B*: nas extremidades unidas *D*, como o corpo *A* naõ póde entrar no vaõ das regoas, dista do chaõ toda a altura das regoas: porém nas extremidades abertas *B*, como póde entrar por ellas o seu bojo, quazi que tóca no chaõ. Advirto, que para que o effeito succeda como se dezeja, os saltos das extremidades abertas *B* devem ter de altura menos de meio diametro da grossura do corpo *A*; porque o corpo *A* só póde entrar pelas regoas com metade do bojo; isto he *oi.* ou *oe*; e ainda menos: logo se as regoas levan-

ta-

tarem mais do que isto, o corpo naõ poderá buscar as extremidades abertas, porque entaõ já naõ desce, caminhando para essa parte.

Agora a razaõ fisica deste effeito he esta (*Fig.* 10.) Tirando huma linha central em *A* de ponta a ponta, forçozamente se hade enfiar o centro da gravidade do corpo *A*; e se tirarmos huma linha pela superficie inferior do corpo, que corresponda a prumo a esta linha central, esta linha *m n* he que deve ser sustentada, para o corpo ficar immovel. Se as duas regoas forem parallelas *oo. ee*, entaõ sem duvida, que esta linha *m n* ficará sustentada, quer as regoas estejaõ mui separadas, quer pouco: porém se as regoas se puzerem juntas numa extremidade, entaõ naõ pódem tocar nos pontos desta linha *m n*; porque da parte que as regoas se juntaõ, haõ de topar com o bojo de *A*, antes que toquem nos pontos da linha *m n*, que fica a prumo da central: sendo isto assim, os pontos, que tócaõ nas regoas, naõ saõ da linha *m n*

Est. 3. fig. 10.

mas

mas ficaõ a hum lado; e a tal linha *m n*, ſobre que cahe o centro da gravidade, fica em vaõ, e hade cahir; e aſſim o corpo róla, naõ para a parte do angulo *D*, em que as regoas ſe juntaõ, e os pontos eſtaõ ſeguros; mas para a parte oppoſta, porque ahi he que o corpo eſtá em vaõ, e deſce.

PROPOSIÇAÕ II.

O Centro da gravidade imaginario ſegue as meſmas leis, que o verdadeiro.

Eſt. 3. fig. 11. PONhamos exemplo (*Fig.* 11.). Supponhamos huma taboa redonda aberta no meio; eſta taboa naõ tem centro de gravidade real, e verdadeiro, porque por qualquer ponto della, que a queiraõ ſuſpender, naõ póde ficar em equilibrio. Porém ſuppoem-ſe, que o centro eſtá em *i*, no lugar, em que eſtaría, ſe o vaõ eſtiveſſe occupado com materia homogenea, e procede-

de-ſe do meſmo modo para determinar os effeitos.

A razaõ he ; porque ſe o vaõ eſtiveſſe occupado com materia homogenea , naõ ſómente eſſa materia do vaõ de huma parte ſe compenſava com a outra da parte oppoſta; mas tambem no nanel a materia de huma parte ſe contrapezava com a outra correſpondente da parte oppoſta ; e as acçoens dos ſeus pezos ſe deſtruhiaõ mutuamente ; e aſſim ficavaõ as partes do annel em equilibrio humas com as outras , como ſe naõ exiſtiſſe a tal materia do vaõ : logo tirada eſſa materia do vaõ , podêmos proceder do meſmo modo.

Conſequencia I.

SEgue-ſe daqui , que he mui facil ſuſtentar hum prato na ponta de huma faca , ou de hum garfo , ſe o puzermos com o concavo para baixo , mas que he quazi impoſſivel , ſe o puzermos com a concavidade para ſima.

A razaõ disto he ; porque o centro da gravidade em hum prato, fica no seu concavo , por cauza das bordas , que sempre levantaõ para sima. Se pomos a ponta da faca no meio do fundo pela parte concava , vem a ficar o centro da gravidade abaixo do centro do movimento ; e entaõ se segura , conforme o que fica dito. Se voltamos o prato com a concavidade para sima , será mui difficil o sustentar-se em equilibrio , porque entaõ fica o centro da gravidade por sima do do movimento , o que he inutil para o equilibrio.

Consequencia II.

A Figura de páu , que dança com as espadas na maõ , (de que vos falei logo nas primeiras instrucçoens) sustenta-se , e dança sem cahir , em quanto o centro da gravidade vier a ficar abaixo da ponta do pé , sobre que a figura se estriba : porque he regra geral : *Quando o centro da gravidade fica*

abai-

abaixo do centro do movimento, o corpo naõ póde cahir de qualquer modo que ſe mova (*pag.* 89). Porém ſe ou incurvando menos as eſpadas, ou diminuindo o pezo dos ſeus cópos, fizermos, que o centro da gravidade ſuba para ſima do bico do pé, a figura cahirá ſem remedio, tanto que tiver o menor movimento; porque cahe na outra regra geral, que aſſima diſſe: *Quando o centro da gravidade fica aſſima do centro do movimento, ſe o corpo ſe move, deve cahir* (*pag.* 90).

PROPOSIÇAÕ III.

Quando hum corpo eſtá ſeguro por hum ponto, qualquer que ſeja, o centro da gravidade vem neceſſariamente buſcar a linha a prumo deſſe ponto.

A Razaõ he; porque ſe o corpo eſtá ſó ſeguro por hum ponto, tudo o mais eſtá no ar; e o centro da gravidade tambem; e por con-

consequencia este centro hade cahir, e descer quanto puder : Ora elle naõ póde descer mais do que vindo-se pôr na linha a prumo, que vai do ponto fixo para baixo : assim como qualquer pendulo naõ póde descer mais, do que quando está a prumo do prego, que o segura.

Consequencia I.

EX vi desta regra se fazem varias experiencias, que se admiraõ : huma he esta : Pegai numa
Est. 3. tizoira (*Fig.* 12), ou chave, en-
fig. 12. ganchai-lhe hum garavato de candeia, ou coiza similhante, desorte, que faça com a chave, ou perna da tizoira, hum angulo agudo, que se naõ possa abrir ; pendurai-lhe hum pezo qualquer ; e vereis, que no bico da tizoira tudo fica sustentado, sem que possa cahir.

Dançará o pezo quanto quizerem ; mas o bico da tizoira o sustentará ; e observareis, que o centro da gravidade vem buscar a linha a prumo, que fica do bico da

ti-

tizoira para baixo. Ainda que ponhais o bico da tizoira bem na borda da meza, he o mesmo, com tanto que o bico naõ escorregue. Na razaõ da lei tendes a da experiencia.

Se o angulo *m a n* naõ for agudo, nada se faz; porque para vir o centro da gravidade buscar a linha do prumo, fica a tizoira inclinada para baixo, e o bico naõ fica levantado para sima, e por isso naõ póde prender.

Fim da quinta Carta.

CAR-

CARTA VI.

Sobre a perfeiçaõ, e uzo da Balança Commum.

O Aſſumpto deſta Carta, meu amado Eugenio, talvez que vos cauze admiraçaõ; porque ſendo a Balança commum huma peça taõ vulgar, e o ſeu uzo taõ ſabído, naõ eſperaveis, que eu vos pudeſſe dizer neſta materia nada que mereceſſe attençaõ. Eu naõ dou o que vos diſſer, por invento, ou deſcobrimento; dou-o por hum fructo de reflexaõ madura, util ao publico, e ao particular, ſeja ou naõ ſeja couza nova; porque bem deſgraçado ſería eu, ſe para vos eſcrever qualquer couza de Fiſica, neceſſitaſſe de andar examinando tudo quanto neſta materia ſe tem dito, para ſaber ſe vo-lo havia de dar como couza minha, ou couza de outrem. Deos me livre de ſimilhante perda de tempo: digo-vos o que me occorre, como verdadeiro,

ou

ou util, quer o tenhaõ dito antes de mim, quer naõ; que naõ vos vendo a doutrina, que vos dou; e por iſſo cuido mui pouco, ſe tem ou naõ, o verniz da novidade: contenta-me o merecimento, e valor intrinſeco de ſer verdade. E fique iſto advertido por huma vez. Muitas couzas vos direi, que ſaõ novas, e eu naõ terei advertido niſſo: outras cuidarei eu, que o ſaõ, quando muitos outros o teraõ dito antes de mim, ſem que o eu tenha lido, que nimguem me provou até aqui, que eu eſtava obrigado a lêr tudo, o que ha nas materias, em que eſcrevo.

Quando eu ſabia mui pouco de Fiſica, me vi embaraçado com huma difficuldade ſobre a balança commum, que me deu occaziaõ a todas as reflexoens, que vos digo. A difficuldade he eſta. Eſtando a balança no ſeu nivel, claro eſtá, que os pezos iguaes de huma, e outra parte inteiramente ſe impedem, e a balança eſtá quieta: porém ſe a balança ſe inclinar com a maõ, pa-

re-

rece que deixando-a, se naõ poderá levantar per si mesma, nem restabelecer no equilibrio. Porque o braço levantado naõ péza mais, que o abatido; he sempre igual no pezo; e sendo igual, naõ podia mover o outro seu igual; mas além disso: a lingua, ou o fiél da balança já inclina para a parte do braço, que desceu, e tambem faz pezo; seria logo natural, que o braço descahido cahisse de todo, pois tem a seu favor o pezo da lingua. Porém nós vemos o contrario, pois observamos, que o braço levantado leva atraz de si o outro, que lhe he igual, e todo o pezo da lingùa ou fiél.

Para responder a esta difficuldade, he precizo servir-vos da doutrina da carta precedente. Nas balanças ha hum eixo em baixo mui agudo, que róla sobre o gume, ou angulo agudo, em ordem a que a balança sem rossar, possa inclinar ora a hum, ora a outro lado (*Fig.* 13.). Desorte que naõ he redondo, como o vulgo pensa, á maneira do

Est. 3. fig. 13.

ei-

eixo de huma roda, mas talhado em figura de coraçaõ agudo. Deve ser de aço, temperado, em ordem a que se conserve agudo, e deve rolar sobre huma peça liza, e polída, em ordem a evitar até o menor embaraço, ou movimento. Isto supposto, o angulo, ou o gume do eixo, he o centro do movimento da balança, o qual pódem pôr ou mais assima, ou mais abaixo, como quizerem.

Ora o centro da gravidade naõ he o centro do movimento; e assim ficará aonde as circunstancias da figura, e fórma da balança o puzerem. Póde ficar ou abaixo do centro do movimento, ou assima, ou confundido com elle. (*Fig.* 14.) Se ficar abaixo (*a*) a balança naturalmente hade buscar o equilibrio; porque o centro da gravidade descreve hum arco concavo e sóbe; mas depois hade cair, até que páre na linha, que vem a prumo do ponto fixo, que sempre he o centro do movimento. Ora quando o centro da gravidade, ficar a prumo na li- Est. 3. fig. 14.

nha, que vem do eixo, a balança deve ficar horizontal.

Porém se o centro da gravidáde (*e*) ficar assima do centro do movimento, entaõ apenas tirarem a balança da situaçaõ horisontal, sahe o centro da linha do prumo, descrevendo hum arco convexo á roda do centro do movimento, e cahe, e cada vez se afasta mais da tal linha de prumo; e por isso a balança se naõ poderá jámais levantar.

Supponhamos agora, que succedeu, que o centro da gravidade *o* coincide com o centro do movimento: nesse cazo a balança ficará como a puzerem, ou inclinada, ou horizontal, e per si náõ mudará de postura; porque sempre estará sustentado o centro da gravidade, o qual he o que governa o movimento de todo o corpo, que cahe.

Isto supposto aqui tendes o modo de formar huma balança delicada, e exacta, ainda que o Official naõ saiba as leis da Mecanica, em que se funda a Teórica da Balança. Eu tenho formado algumas de páo

taõ

taõ delicadas, que dellas me ſervia para pezar o ar; e naõ ſerá facil achalas muito tempo quietas; porque huma moſca, que ſe lhes ponha, baſta para as fazer balancear muito tempo.

Faço a balança de Nogueira, ou Cereijeira, páo leve, e que ſe póde trabalhar bem: dou-lhe dois pés de comprimento ou trez palmos, em ordem a que o movimento ſeja ſenſivel: divido os dois braços em polegadas, e meias polegadas, para me ſervir a varias experiencias galantes: por ſima os braços ſaõ lizos, e fazem huma linha direita (*Fig.* 15.) em ordem a que poſſa nelles pôr os pezos ordinarios de lataõ, que tem fundo chato: porém por baixo convem, que a balança faça ſeu bojo, em ordem a que naõ obſtante a lingoa, ou fiél, que vai para ſima, o centro da gravidade venha a ficar abaixo do eixo, ou centro do movimento; porém para que a balança ſeja delicada, convém que diſte pouco do centro do movimento: para ſer Eſt. 3. fig. 15.

justa, convém, que naõ se afaste para os lados da linha, que vem a prumo do eixo para baixo.

Principio pois por fazer a balança justa; isto he, que deixada a si, os braços estejaõ em equilibrio perfeitissimo, e a lingoa a prumo. Para isso ponho nas extremidades dois parafuzos *A*, *B* cujas cabeças, ora sahem mais para fóra, ora se recolhem, e deste modo faço puxar o centro da gravidade ora para hum lado, ora para o outro, até me ficar exactamente no meio.

Para fazer a balança mais delicada, tenho na lingoa, ou no fiél esta bolla (*o*) ou qualquer outro corpo, que ande á roda na haste da lingoa, que he de rosca, desorte, que ora sóbe, ora desce; e por este modo faço baixar, ou subir o centro da gravidade. Aqui vejo, que se o centro passa para sima do eixo, a balança se chega a inclinar, logo cahe, e naõ se levanta per si mesma: isto succede, quando a bolla *o* sóbe demaziado: quando vou abaixando a bolla pouco a pouco,

acho

acho o ponto, em que o centro da gravidade coincide com o do movimento; e entaõ a balança fica como querem, ſem cahir nem tambem ſe levantar. Porém ſe a bolla *o* deſce mais, entaõ já a balança ſabe per ſi meſma buſcar o equilibrio; e quanto mais ſe abaixa a bolla *o*, mais depreſſa ſe move, e as oſcilaçoens da balança ſaõ mais promptas; mas quanto mais promptas ſaõ as oſcilaçoens da balança, menos delicada ſerá. Conhece-ſe a delicadeza, e ſenſibilidade da balança no vagar, com que ella ſe móve a buſcar o ſeu equilibrio. Suppoem-ſe que o eixo he bem agudo, e que naõ roſſa por parte nenhuma.

Eſta última propoſiçaõ talvez que vos cauze admiraçaõ, por veres algumas balanças mui bem feitinhas, e brincadas, e pequeninas, que ſe reputaõ mui ſenſiveis, e que ſe moveráõ promptamente. Mas fazei experiencia, e vereis, que a minha balança de páo, feita, como eu digo, vos dá hum movimento muito maior com hum pezo leviſſimo,

e

e he mais sensivel, que algumas dessas balanças, que eu tenho achado, tidas, e reputadas por mui sensiveis, porque naõ estavaõ feitas, como devia ser. Ou sejaõ grandes, ou pequenas, devem balancear mui lentamente, para serem bem delicadas, e sensiveis.

Dou-vos a demonstraçaõ. (*Fig.* 16.) Supponhamos huma regoa horizontal, com outra pregada na fórma de hum T, em cujo pé se ponha hum pezo *m* em ordem a representar o centro da gravidade desta maquina. O centro do movimento he o prégo *b*, por onde se sustenta tudo. Se puzermos hum pezinho *a* na extremidade de hum braço, este hade botar o pezo *m* fóra da linha do prumo; e o hade fazer subir descrevendo huma porçaõ de arco. Para que o pezinho *a* baixe, e incline a balança até *o*, he preciso, que o centro da gravidade *m* suba até *n*: porém se o centro da gravidade *m* estivesse mais perto do centro do movimento *b*; por exemplo, se estivesse em *e*, entaõ para dar á balan-

Est. 3. fig. 16.

ça

ça a inclinaçaõ, que ſe deſeja, baſtava menos movimento; e muito menos, ſe o centro da gravidade eſtiveſſe em *i*. Deſorte que quanto mais diſtar o centro da gravidade *m* do centro do movimento *b*, tanto maior pezo ſerá preciſo pôr em *a* para dar á balança a inclinaçaõ *h o*. E por conſequencia hum pezo mui ligeiro em *a* poderá inclinar a balança, como ſe deſeja, ſe o centro da gravidade eſtiver muito perto do centro do movimento. Eisaqui porque eſtando a balança conſtruida deſte modo, hum pezo leviſſimo baſta para a inclinar muito.

Agora a lentidaõ do ſeu movimento procede de que o centro da gravidade eſtando mais longe do centro fixo, tem mais força para para deſcer, e maior velocidade, como ſuccede na alabanca, e outras couzas ſimilhantes; e naõ he de admirar, que o tal centro da gravidade eſtando mais livre, tendo maior velocidade e força, faça mover a balança mais depreſſa.

Ultimamente para conhecer bem

bem o pezo, ainda o minimo, póde-se pôr em sima hum arco de latão graduado, que corresponda ao movimento da lingoa, ou fiél da balança, porque ahi se conhecerá com certeza o ponto, a que chega a inclinação da balança em tal, e tal pezo, e com paciencia se póderá de tal modo graduar essa porção de arco, que nelle se conheça o pezo, que inclinava a balança. Sobre esta teórica da Balança tive a honra de offerecer á nossa Academia Real das Sciencias huma Memoria, fazendo ver na minha balança huma delicadeza tal, que com hum grão de trigo dava o fiél ou lingoa huma differença no seu arco de mais de 4 polegadas.

Fim da sexta Carta.

CAR-

CARTA VII.

Sobre a Decomposiçaõ do Movimento; e sobre os effeitos do golpe, ou pancada obliqua.

ESta materia, Amigo Eugenio, he mui importante, ainda que muitos Modernos, ou a omittaõ, ou tratem á ligeira. Dou-vos a experiencia para prova.

Já sabeis, que quando duas cauzas concorrem para dar movimento ao mesmo corpo, sem ser por huma mesma linha, que se faz hum movimento composto de duas direcçoens; e que o modo de conhecer a linha, que o movel hade seguir, he formar das duas direcçoens primitivas *Ab*. *Ac*. (*Est*.4.*Fig*. 1.) os lados de hum parallelogramo, fecha-lo com outras linhas parallelas, e iguaes ás primeiras, e a diagonal *Az* será a direcçaõ, que pertendemos achar. Isto vos most rei, quando fallámos no tempo das nossas

Est. 4. fig. 1.

ſas Recreaçoens. E já ſe vê, que ſegundo eſta doutrina, de quaeſquer direcçoens, façaõ ellas o angulo que fizerem, podêmos fazer hum movimento compoſto.

Porém para reſolver o movimento há outra doutrina, que tem ſua differença, porque naõ he livre reſolve-lo nas direcçoens, que quizerem; mas hade ſer ſempre nas direcçoens ſimples, e totalmente eſtranhas huma da outra, deſorte que naõ communiquem, iſto he, que huma das ſimples nada involva da outra direcçaõ. Por iſſo deve ſe mpre a linha do movimento, que ſe hade reſolver, ficar diagonal de hum parallelogramo rectangulo, como
Eſt. 4. fig. 2. na figura apontada (*Fig.* 2.) A razaõ he, porque ſe as duas direcçoens *ab. ac.* naõ fazem angulo recto, huma ajudará a outra, ou a encontrará; e aſſim naõ fica o movimento bem reſolvido.

Naõ obſtante iſto, fica livre a cada qual reſolver em linhas maiores, ou menores, como ſe vê
Fig. 3. na figura 3. A razaõ he, porque

que na linha do movimento *a e* (*Fig.* 4.) que he a diagonal do rectangulo, posso descrever hum meio-circulo: ora a qualquer ponto desse meio-circulo, que eu tire as linhas desde o ponto *a*, ficará o parallelogramo rectangulo, pois na circumferencia do meio-circulo todos os angulos saõ rectos, se se firmaõ no diametro inteiro. Fig. 4.

Para nos determinarmos a traçar as linhas, em que o movimento se resolve, devemos fazer huma linha perpendicular ao obstaculo do movimento*; e outra parallela por quanto sómente desse modo he que se resolve bem o movimento, para o que observai as leis seguintes.

Lei I.

Quando a linha do movimento for perpendicular ao obstaculo fixo, o movimento destroe-se de todo, e naõ se resolve.

A Razaõ he; porque se a bolla incorrer na parede fronteira por huma linha perpendicular, naõ ha mais razaõ, para que ella
Est. 4. vá para a direita (*Fig.* 5.) do que
fig. 5. para a esquerda: logo deve parar todo o movimento, se naõ houver força elastica, que o faça resuscitar.

Lei II.

Quando a linha do movimento for obliqua ao obſtaculo fixo, o movimento ſe deſtróe em parte, e em parte ſe conſerva, e por iſſo ſe reſolve. (*Fig.* 6.) Fig. 4

A Razaõ he; porque na linha *a e* obliqua a reſpeito do obſtaculo, ſe involve alguma parte de movimento perpendicular *a b*; e outra parte parallelo *a o*. Ora todo o perpendicular ficará deſtruhido pela lei precedente; o movimento parallelo *a o* naõ tem quem o deſtrua; porque naõ póde hum movel ter acçaõ ſobre hum obſtaculo, que lhe fica parallelo: para obrar contra o obſtaculo, hade ter acçaõ contra elle, e iſto naõ ha no perfeito parallelismo. Preſcinde-ſe aqui do roſſado, ou de preſſaõ da gravidade, e falla-ſe da linha do movimento.

Aſſim nada ha mais facil, que reſolver hum movimento depois de

ſe

se dar a linha delle, e a posiçaõ do obstaculo. Tira-se do movel *a* huma perpendicular ao obstaculo, e do ponto *e* em que hade o movel *a* ferir o obstaculo, se tira outra *e o*: a parallela *a o* entre as duas perpendiculares, he o movimento conservado; qualquer das perpendiculares he o movimento perdido.

Se a linha he mais obliqua, como na figura seguinte (7), perde-se menos movimento, porque a perpendicular he menor; e conserva-se mais, porque he maior a parallela. Fig. 7.

Applicaçaõ.

A' Teórica das pancadas perpendiculares, e obliquas.

PAra dar a hum corpo quieto o movimento, por esta linha, ou pela outra, devem-se observar as leis tiradas das doutrinas, que vos dei, que saõ as seguintes Proposiçoens.

PRO-

PROPOSIÇAÕ I.

Quando o obſtaculo (B) he ferido por hum corpo A, que incorre nelle por huma linha perpendicular á ſua ſuperficie, deve ceder pela meſma linha ABC (Fig. 8.). Eſt. 4. fig. 8.

A Razaõ he, porque ſendo eſte golpe perpendicular á ſuperficie *mn*, que he a Tangente tirada pelo ponto do contacto, naõ ha mais razaõ para que o corpo *B* ceda, inclinando mais para huma parte, que para a outra. Logo deve ſeguir a meſma linha do impulſo, que vem a ſer *ABC*.

PRO-

PROPOSIÇAÕ II.

Quando hum obstaculo he ferido por hum corpo, que incorre nelle por linha obliqua a respeito da sua superficie, deve ceder por huma linha perpendicular á superficie.

Est. 4. fig. 9. (*Fig.* 9.).

A Razaõ he, porque sendo a linha da pancada obliqua á superficie do obstaculo *b*, o movimento se deve resolver em dois; hum parallelo *a o*: este naõ tem acçaõ alguma sobre o obstaculo: o outro perpendicular *a m*, ou milhor *o b*, o qual tem toda a sua acçaõ sobre o obstaculo; e assim como o obstaculo naõ recebe acçaõ nenhuma, senaõ pela linha perpendicular *o b*, deve ceder pela mesma linha *o b c*, segundo a Proposiçaõ precedente.

A differença do effeito sómente está em que sendo o golpe perpendicular, a acçaõ he igual a toda

a

a linha *a b*; porém ſendo obliquo, a acçaõ ſómente he igual á linha *o b*: e por iſſo quanto mais inclinada he a linha do golpe, ou do incurſo, tanto menor he a acçaõ ſobre o obſtaculo.

Deſta doutrina ſe tira a razaõ verdadeira de muitos effeitos, que vemos, e de que muitos naõ ſabem a cauza.

Effeito I.

NO bilhar, quando a bolla bate na borda obliquamente, a borda ſómente treme, e recebe o golpe correſpondente á perpendicular tirada della *p q* até chegar á parallela *a o* tirada pelo centro da bolla (*Fig.* 10.) Eſt. 4. fig. 10.

Effeito II.

SUpponhamos que jogando o bilhar (*Fig.*. 11.) queremos que a bolla do contrario (*r*) ferida pela noſſa vá dar no ponto (*o*): já ſe vê, que he preciſo tocar-lhe de Fig. 11.

ilharga ; mas naõ sabemos a regra certa , e jogamos a acertar : convém pois obrar com segurança , o que se faz deste modo.

Seja o ponto *o* onde haja de hir bater a bolla *r*. Para que a bolla *a* lhe dê o golpe, como convém , deve-se primeiro tirar de *o* huma linha *oi*, que passe pelo centro de *r*. Segundo tire-se pela superficie da bola *r* huma perpendicular *mn*, que sirva de Tangente á bolla. Terceiro note-se na linha *oi* hum ponto *e* , que corresponde ao centro da bolla *a*, quando ella tocar em *r* nesse ponto por onde passa a Tangente *mn*. Isto posto , dirigindo a bolla *a* pela linha *ae*, necessariamente *r* hade hir bater em *o*.

A razaõ he ; porque *r* sendo ferida obliquamente por *a* , necessariamente hade ceder pela linha *ro* a qual he perpendicular a *mn* que passa pelo ponto do contacto conforme está provado na Proposiçaõ segunda.

Effeito III. (*Fig.* 12.)

Est. 4. fig. 12.

POnhamos huma vara de páo como balança, com dois candieiros e velas accezas, cujo fumo se receba em dois planos inclinados, porém contrapostos, de fórma que hum seja levantado para hum lado da balança, e o outro para o opposto. O fumo batendo num plano inclinado o fará movêr para o lado; e como ambos estaõ contrapóstos, em quanto *a* vem para *e*, pela mesma razaõ o fumo da outra véla fará hir o plano de *b* para *o*; e deste modo a balança andará á roda.

Effeito IV. (*Fig.* 13.)

Est. 4. fig. 13.

FAçamos huma lanterna cujo tecto seja formado de planos de folha de flandes, todos dispostos, como raios sahidos de hum circulo menor concentrico, e todos inclinados para a mesma parte; fique a tal lanterna suspensa pelo centro,

ou por hum cordaõ comprido, ou sobre hum ponteiro agudo: pondelhe debaixo huma vela acceza, o fumo que bate nos planos inclinados, os move sempre para o lado, e a lanterna gira continuamente.

Effeito V.

NOs Moinhos de vento, todas as vélas se poem naõ parallelas ao eixo, mas sim inclinadas para a mesma parte; porque o eixo tem quatro varas adiante, e outras quatro mais atraz; e cada vela tem huma ponta atada na vara de diante, e a outra na vara de de traz; para que deste modo o vento, que vem na direcçaõ do eixo, quando incorre nas vélas, as fira obliquamente, e as obrigue a se moverem para o lado, girando sempre, como a lanterna assima, como já vos disse noutro tempo.

Effeito VI.

ESta he a mesma razaõ, que muitos annos ha, vos dei para que o mesmo barco com o mesmo vento, ora suba pelo rio asima, ora desça para baixo, segundo inclina a vêrga, que tem a vela (*Fig.* 14.). Supponhamos, que o vento vem de sima *o o*, e que encontra a vêrga *A* inclinada de hum modo, e a vêrga *E* de modo opposto: mas elle incorre em ambas, e incorre obliquamente: moverá huma para a direita, e a outra para a esquerda, como já vos expliquei em outro tempo. Est. 4. fig. 14.

Outros muitos effeitos se poderiaõ hir apontando, estes bastaõ para vos dar a conhecer quanto importa esta doutrina do golpe obliquo, vós a podereis hir applicando á medida que os fores encontrando.

Fim da setima Carta.

CAR-

CARTA VIII.

Sobre a Acçaõ, e Reacçaõ.

ESta Carta, que recebi de vós, meu amigo Eugenio, me aníma a vos explicar tudo ſem vos rezervar nada. Quero pois explicar-vos as Leis fundamentaes da Mecanica, e neſta carta prezente vos tratarei de huma importante Lei de Neuton, a qual he a baze de muitos effeitos.

Lei I.

Naõ póde haver Acçaõ ſem Reacçaõ.

ESta Lei ſe demonſtra facilmente, porque naõ ha acçaõ nenhuma, que obre algum effeito, ſem que ſe conſumaõ forças; ora ſe foraõ conſumidas foraõ deſtruidas por força e acçaõ contraria: logo naõ ha acçaõ alguma, ſem que haja outra acçaõ contra ella; e iſto he o que ſe chama reacçaõ.

Pró-

Próva da Experiencia

I. QUando hum pêzo eſtá pendurado n'uma corda atada a hum prégo, temos que o *pêzo* faz a acçaõ, puxando pela corda para baixo; mas o *prégo* faz a *Reacçaõ*, retendo a corda, para que naõ vá para baixo.

II. Hum cavallo, que puxa por huma carroça, faz a *Acçaõ* para levar o pêzo; mas o pêzo reſiſtindo, e cançando o cavallo, e diſtruindo-lhe as forças, faz a reacçaõ.

III. Hum Barqueiro, que eſtando no barco, o quer afaſtar da praia, e faz com a vara força contra a Terra, tem a acçaõ: mas a Terra, que reſiſte, e naõ céde, faz a reacçaõ contra o barqueiro. Deſorte, que ſe a Terra naõ reſiſtir, naõ faz algum effeito a acçaõ do barqueiro.

IV. Quando hum homem dá com a maõ huma grande pancada na parede, a parede tambem lhe of-

fen-

fende, e molesta a maõ. Neste caso a acçaõ he da parte do homem; a reacçaõ da parte da parede.

V. Quando o Martélo bate na Bigórna, tambem recebe della igual effeito; tanto assim, que com o tempo fica polído, e amaçado; e se o martélo fôr de tempera mais branda, hade ser nelle mais sensivel a móça, qne se faz na pancada.

Lei II.

Toda a Reacçaõ he igual á sua Acçaõ.

DEmonstra-se esta Lei pela precedente; porque se a Acçaõ fosse maior do que a Reacçaõ, já esse excesso da Acçaõ ficava sem Reacçaõ, que lhe correspondesse; e assim tinhamos Acçaõ sem Reacçaõ.

Se pelo contrario a Reacçaõ fosse maior, como nós a podêmos considerar com o nome de Acçaõ, pondo-nos da parte do obstaculo, que resiste; esse excesso da

Re-

Reacçaõ vinha a ser huma *Acçaõ* parcial, á qual naõ correspondia nenhuma *Reacçaõ*: o que se provou já impossivel.

Próva da Experiencia.

I. PONhamos dois pendulos de chumbo, ou barro fresco, e deixando hum quiéto, levantemos o outro para o deixar cahir sobre o primeiro, a móça será em ambos inteiramente igual. Ora a móça em *A* (*Est.* 5. *Fig.* 1.) he feita pela acçaõ de *B*; e a móça em *B* he effeito da reacçaõ de *A*. Est. 5. fig. 1.

II. Ponhamos hum pendulo em huma regoa, e nelle hum cóne *B*, que caia n'huma caixa de barro fresco *A* (servimo-nos para estas experiencias da grêda) a qual se suppoem fixa: levantemos o pendulo á altura determinada, em caindo observemos a cóva: esta cóva he igual á força da acçaõ.

Tiremos da regoa o cóne *B*, e ponhamo-lo fixo no lugar da caixa da grêda *A*; e no pendulo in-

fie-

fiemos a caixinha de grêda *C*, a qual peza tanto, como pezava o cóne, o que he facil ajustar, tendo posto na caixa do cóne *B* mais, ou menos grãos de chumbo. Isto assim preparado, levante-se o pendulo á mesma altura, e deixando-o cahir sobre o cóne, se achará na grêda cavidade semelhante. Ora no primeiro cazo a cavidade he a medida da força da acçaõ; e no segundo he a medida da força da reacçaõ, pois quem a fez, foi o cóne quieto, e immovel.

III. Ponhamos hum Iman suspenso numa balança em equilibrio com o pezo correspondente, e offereçamos ao Iman em distancia proporcionada hum ferro fixo, o Iman baixará a buscar o ferro.

Se pelo contrario puzermos o ferro na balança em lugar do Iman, e offerecermos ao ferro suspenso o Iman na nossa maõ, em igual distancia, virá o ferro buscar o Iman: logo a Acçaõ do Iman sobre o ferro, e a Reacçaõ do ferro sobre o Iman saõ iguaes, pois levantaõ pezo igual.

So-

Soluçaõ de huma difficuldade.

MUitos ſe embaraçaõ com eſta doutrina do Grande Neuton, vendo a deſigualdade de forças, que ha na cauza, que obra, e no obſtaculo, que reſiſte. V. g. vem, que hum cavallo mui vigorozo puxa por huma carga mui leve; que outro mui fraco apenas póde arraſtrar huma mui pezada.

Vem que huma bala de Artilheria atraveſſou huma taboa delgada: e que outra bala de Eſpingarda apenas ſe enterrou na parede, que lhe reſiſtio tanto, que zombou della.

Hum Gigante, que puxa por hum rapaz, tem muita mais força, que o minino, que puxa reſiſtindo ao Gigante &c.

Em todos eſtes caſos, e outros ſimilhantes a cauza que obra, ou he mais forte, ou mais fraca, que o obſtaculo, que reſiſte: porém iſto naõ he contrario á doutrina de

Neu-

Neuton. Huma couza he a cauza, que obra; outra a Acçaõ dessa Cauza. As forças da *Cauza* naõ saõ as forças da *Acçaõ*. O Gigante póde ter mil forças, e naõ empregar na Acçaõ, senaõ forças 4 ou 5. Sómente hade empregar forças iguaes áquellas, que lhe for preciso destruir no rapaz, que lhe resiste: o resto saõ forças, que podiaõ obrar, mas naõ obraõ. Quem he rico, póde fazer despeza grande, mas naõ está obrigado a fazer maior despeza do que corresponde á obra, que faz: assim naõ he o mesmo ter muito dinheiro, que fazer grande despeza; e pela mesma razaõ naõ he o mesmo ter muitas forças ou empregar muitas forças na Acçaõ.

Do mesmo modo o obstaculo fortissimo resiste á proporçaõ das forças, que empregamos contra elle. Se huma parede capaz de resistir com forças mil for accommetida com huma pedra, que lhe atirou hum rapaz com forças 4, resistio com forças 4, e ficou com huma móça levissima, ficando nessa parte es-

eſcalavrada pela acçaõ 4, e deſtruindo o movimento e forças da pedra, que as levava, que cahio ao pé da muralha, inteiramente morta: eſtas forças 4 de parte a parte combateraõ, e ſe deſtruíraõ, ficando a pedra que obrava, ſem acçaõ nem força, morta aos pés da parede, e a parede eſcalavrada pela pedra, e neſta leviſſima parte arruinada.

Supponhamos, que lhe atiráraõ huma balla de Eſpingarda com forças 100; a parede reſiſtio com forças 100, ficando de parte a parte deſtruidas forças iguaes; as da balla, porque ou ficou enterrada, ou cahio ao pé da parede morta: as da parede, por ficar esburacada, e neſſa pequena parte deſtruída.

Porém ſe huma balla de Artilheria com forças 1500 accommetter a parede, ella ſerá arruinada de todo, porque ſó póde reſiſtir com forças mil, como ſuppozemos: eſtas forças da reacçaõ deſtruíraõ na acçaõ da balla outras tantas; e foraõ tambem deſtruídas por ellas: porém depois, que ficáraõ na balla

deſ-

destruidas forças 1000, ainda restaõ forças 500, as quaes naõ obraõ, mas servem a victoria; e vai a balla triunfando, ainda que fraca, depois de arruinar a parede, que (deixai-me explicar assim) teve atrevimento de se lhe oppor. Com que, meu amigo, nunca confundais as forças, que se empregaõ na Acçaõ, com as forças que servem ao triunfo, e naõ obráraõ; e nem tambem as confundais com todas as forças, que ha na *Cauza agente*, ou *resistente*: permiti estes termos a quem falla em materias scientificas.

Numa palavra, as forças da Acçaõ saõ as que obraõ e se empregaõ em fazer o effeito; e por conseguinte se consomem: as de mais saõ forças, que podiaõ obrar, se fosse preciso, mas naõ obráraõ: estas entaõ saõ as que decidem da victoria, e de qual foi o mais forte dos combatentes; se a cauza, que obrou; se o obstaculo, que resistio.

Deste modo Eugenio parece-

me,

me , que podereis entender tudo o que ſobre eſte ponto ſe diz.

Fim da ſetima Carta.

CARTA IX.

Sobre a força da Inertia.

ESta Carta, Amigo Eugenio; he ſobre huma materia mui importante, e que muitos Modernos trataõ de menor; porém cadaqual penſa como o entende: e já ſabeis, que eu naõ cedo da liberdade, que Deos me deu, de diſcorrer em materias naturaes, como a minha razaõ dicta: os de mais ficaõ tambem com a ſua liberdade: aſſim ficamos todos bem.

Inertia quer dizer, *incapacidade* para fazer nada per ſi: donde vem, que

PROPOSIÇAÕ I.

Toda a materia he inerte, iſto he, incapaz de mudar o eſtado, em que ſe acha.

DEſta Propoſiçaõ ſe tira por conſequencia natural outra propoſiçaõ, que he a ſeguinte.

PRO-

PROPOSIÇAÕ II.

Toda a materia (naõ havendo cauza estranha) persevéra no estado, em que a puzeraõ.

POr quanto, se a materia per si naõ tem acçaõ para mudar de estado, naõ havendo cauza estranha, que o mude, ficará nesse mesmo estado perpetuamente. Daqui pois se tiraõ as Proposiçoens seguintes.

PROPOSIÇAÕ III.

Todo o corpo posto em quietaçaõ, persevéra na quiete até que cauza estranha o ponha em movimento.

PROPOSIÇAÕ IV.

Todo o corpo posto em movimento, persevéra em movimento, até que cauza estranha o ponha em quietaçaõ.

PROPOSIÇAÕ V.

Todo o corpo em movimento, persevéra na linha do movimento, até que cauza estranha o faça mudar de linha.

DEsta Proposiçaõ se segue, que sem cauza estranha, que mude a linha, todo o corpo hade perseverar na linha recta, pois toda a curva muda de direcçaõ a cada passo.

PROPOSIÇAÕ VI.

Todo o corpo em movimento persevera no mesmo gráo de velocidade, até que haja cauza estranha, que ou a diminua, ou a augmente.

ARazaõ he; porque para diminuir, he precizo destruir algum gráo de movimento; para a augmentar, he precizo produzilo: ora o corpo de si naõ produz, nem destroe movimento.

PRO-

PROPOSIÇAÕ VII.

Quando cauza estranha quizer mudar o estado de qualquer corpo, he precizo, que empregue, e consuma nisso forças á proporçaõ da mudança, que quer fazer.

A Razaõ he; porque nada se faz sem huma acçaõ, que nisso empregue forças proporcionadas: ora estas forças empregadas nesta mudança, já naõ podem fazer outro effeito, porque ficaõ destruidas pela resistencia, ou reacçaõ, que nisso encontraraõ. Assim se da quiete houver de passar o corpo para hum movimento pequeno, naõ custará tanta força, como se houver de passar para movimento rapido. O mesmo digo, se houver de passar de movimento rapido para a quiete.

Ora adverte-se, que esta resistencia ao estado, que se quer in-

troduzir de novo, naõ vem do corpo em si (pois elle he indifferente para todos) mas vem do estado, em que o corpo se acha ; como estes estados saõ oppostos, e o corpo naõ pede nenhum, nem repugna a nenhum, deixa se estar : elle naõ destróe o estado em que o puzeraõ ; quem quizer mudalo, hade ter o trabalho de destruhilo para lhe introduzir o novo. Por esta razaõ o corpo resiste pela *Inertia* (o que parece contradicçaõ) A *Inertia* faz que elle naõ destrua o estado em que está ; e naõ o destruindo elle, entaõ o estado actual resiste a quem o quizer destruir para introduzir estado opposto. Por isso se diz, que o corpo resiste pela *Inertia*.

PRO-

PROPOSIÇAÕ VIII.

Na mudança de qualquer estado, ha destruiçaõ das forças, que se empregaõ em o fazer; e por conseguinte houve resistencia da parte do estado que foi destruhido.

A Verdade desta proposiçaõ se deduz das precedentes; e perdoai o vagar, com que procedo nisto, porque quero, quanto me for possivel, guardar a evidencia da Geometria nestas materias.

Daqui se tiraõ varias Leis, que se provaõ pelas proposiçoẽs estabelecidas, tanto para a *Inertia da quiete*, como para a *Inertia do movimento*. Chamo *Inertia da quiete* a resistencia, que faz o corpo quieto ao movimento. Chamo *Inertia do movimento* á resistencia, que faz o corpo em movimento á *quietaçaõ*.

Leis

Leis da Inertia da Quietaçaõ.

Lei I.

A força da Inertia segue a razaõ da Massa.

A Razaõ he; porque se todo o o corpo quieto resiste ao movimento, cada particula da materia hade fazer a sua particular resistencia; por conseguinte se o corpo A. tem dobrada massa, do que B., hade ter dobrado numero de particulas de materia; e por conseguinte hade fazer dobrada resistencia ao movimento.

Lei II.

A força da Inertia segue o quadrado da velocidade, que se adquire.

A razaõ he; porque a resistencia he conforme a mudança do estado: era igual mudança he tirar a hum corpo A. velocidade 2., como dar a hum corpo quieto igual a velocidade 2: assim hade haver igual resistencia, e igual força destruhida na cauza, que obrar estas mudanças. E como pelo que diremos nas Forças vivas, quando querem parar o corpo em movimento, fazem effeitos, que correspondem ao quadrado da velocidade; tambem o mesmo se deve dizer, quando estando parado, se lhe quer dar certo gráo de velocidade.

Confirma se pelas experiencias, que entaõ vos referirei, do modo de produzir a velocidade, tanto na molla, que soltando-se a tira com

o pendulo carregado com diversos pezos a diversas distancias, como no pezo, que cahindo, impelle sem pancada o pendulo, a que se mova. Vejaõ-se as experiencias.

Lei III.

A força da Inertia total he igual ao quadrado da Velocidade multiplicado pela Massa.

A Razaõ he; porque se ella vem de ambos estes principios, deve-se multiplicar hum por outro, para dar a conta total.

Experiencia I.

HUm pendulo de huma libra, suspenso e quieto, se outro incorre nelle, para o pôr em movimento, se retardará; e quanto mais pezado for o pendulo quieto, mais forças destruhirá naquelle, que o poem em movimento: logo o corpo quieto resiste ao movimento á proporçaõ da sua massa.

Ex-

Experiencia II.

A'Lem da razaõ, as experiencias vaõ confirmar estas duas proposiçoens, e algumas saõ bem galantes. Ponde hum páo de pinho atravessado sobre dois copos cheios de agua, como já vos fiz ver, logo no principio das nossas recreaçoens (Tom. 1. pag.), e dando hum grande golpe no meio do páo atravessado, quebra se, salta para o ar, e os copos ficaõ immoveis.

A razaõ verdadeira he; porque o golpe obriga a huma de duas couzas, ou ao movimento mui rapido do páo, e dos copos, e da agua, que estavaõ quietos; ou a quebrar-se o páo para deixar passar a quem o fere: destas duas couzas hade succeder a mais facil, isto he, aquella em que houver menor difficuldade. Se quizermos dar hum golpe brando, ou se os copos estiverem vasios, ou forem mui pequenos, o que faz que haja pouca massa nos corpos quietos, ou se

lhes

lhes quer dar pouca velocidade; ha pouca resistencia da *Inercia*; e mais difficil será o quebrar o páo: porém se os copos forem maiores, e cheios de agua, já pela razaõ da massa a resistencia da *Inertia* he maior; e querendo-lhe dar huma velocidade grandissima, como a resistencia da *Inertia* cresce segundo o quadrado desta velocidade, multiplicado pela massa, fica huma resistencia tal, que muito mais facil he o quebrar o páo, do que mover para baixo velocissimamente o páo, e os copos, e agua.

Experiencia III.

SE atiramos com huma bala á bandeira de huma grimpa, fura-se, e naõ se move.

A razaõ he; porque pela mesma razaõ mais custa o movela com a velocidade, que pede a bala, do que a furala, e sempre na concurrencia de duas difficuldades, se vence a maior.

Ex-

Experiencia IV.

ALguns ha, que naõ querem conceder outra resistencia ao corpo quieto, senaõ a que lhe faz a gravidade: a experiencia dos copos impugna bem claramente este parecer; porque resistem a hir para baixo, e nunca a gravidade fez similhante resistencia: porém ha outra experiencia mais clara.

Pégo em hum páo de pinho de quatro, ou sinco linhas de grosso, e de trez palmos de comprido, pego-lhe bem pelo meio com a maõ esquerda, e ponho-o horizontal defronte de mim na altura do peito: entretanto tenho empunhado na maõ direita hum páo curto, forte, capaz de dar huma boa pancada, e que se maneje facilmente.

Isto assim disposto, devo dar o golpe bem forte no mesmo lugar, em que eu pegava; para o que he precizo ser animozo, largar o páo, e no tempo, em que

vai

vai a cahir, dar o golpe: sendo isto assim, o páo se faz em pedaços no ar; e ás vezes me succedeo, pegar numa dessas metades, e quebra-la ainda outra vez no ar. Mas isto he raro; porque quanto mais curto he o páo, mais custa a quebrar.

Aqui bem se vê, que a resistencia da *Inertia* he mui differente da da gravidade, pois esta obrigaria os páos a cahir, e a outra os obriga a deixar-se antes quebrar, do que descer com tanta velocidade, como o golpe pedia.

E para que ninguem disse, que dava o golpe, tendo ainda o páo na maõ, o dava no lugar que tinha segurado, e encoberto com a maõ, o que se vê pela móça da pancada; e se a maõ sustentasse o páo no tempo do golpe, supportaria huma boa dor. Esta experiencia repeti muitas vezes nas Assembléas da Fisica em Baiona, e em Auch, e aqui, com feliçissimo successo.

Ex-

Experiencia V.

POnha-ſe huma carta de jogar ſobre a ponta do dedo indíce, da maõ eſquerda levantado para o ar; ponha-ſe hum cruzado novo em prata, ou doze vintens ſobre a carta; e com a maõ direita deſſe hum golpe horizontal na carta, ſahirá a carta zinindo pelos ares, e ficará o dinheiro ſobre a ponta do dedo.

Os que tiverem ſuſto, naõ fazem nada, porque ſempre daõ a pancada a medo, e naõ a daõ horizontal; ou tremem com o dedo, ou a daõ de vagar; e convém, que ſeja rapido o golpe, como coſtumamos dizer, com hum *piparóte* (Vós ſabeis, que huma carta de amigo ſofre os termos nimiamente familiares). Para fazer a experiencia ſem algum perigo, atemos huma linha no canto da carta, que ſerve á experiencia, e deſpois puxando de golpe pela linha, ſahe a carta para o lado, e

fi-

fica o dinheiro quieto. Advirto, que convém, que a linha antes do golpe eſteja frouxa, para que o golpe ſeja igual ao movimento da maõ, naõ no principio, mas no fim do movimento, que ſempre he mais rapido. Iſto poſto

A razaõ da experiencia he, porque mais reſiſte o dinheiro ao movimento rapido, que lhe quer dar a carta, do que ao roçado; e aſſim deixa-a ſahir a carta, e fica, como eſtava, quieto.

Experiencia VI.

POſto hum copo de agua ſobre huma folha de papel, ſe a tiramos rapidamente, e com afoiteza, ſahe para fóra, e fica o copo quieto ſobre a meza.

Experiencia VII.

DO meſmo modo ponhamos, hum lenço embrulhado, como huma bola, ſobre o boſete, e ſobre o lenço hum cruzado novo em prata,

ou

ou couza ſimilhante : dando com huma regua hum bom golpe horizontal no lenço , ſaltará fóra da meza , e o dinheiro cahirá nella , ainda que o lenço eſtiveſſe na ultima ponta.

Em todas eſtas experiencias , e outras ſimilhantes a razaõ he a meſma , e a que ſe tira da regra dada. Como o corpo quieto reſiſte ao movimento , e reſiſte muito ao movimento veloz , ſe o effeito precizo ſe pode fazer , ſem ſe vencer eſta reſiſtencia , por eſſe modo ſe fará ; porque ſempre o effeito ſe obra pelo modo , em que ha menor reſiſtencia. Ora o roçado de dois corpos , iſto he , hum ficar quieto , e o outro junto delle , ou ſobre que eſtá poſto , ſahir com movimento , fez huma reſiſtencia muito menor , que a da *Inertia* ; por iſſo os corpos ficaõ quietos , quando ſe eſperava , que ſe moveſſem.

Lei IV.

A força da Inertia do corpo que ſe accelèra, ſegue a razaõ da differença dos dois quadrados, do da velocidade primeira ao da ſegunda.

EXemplo. Se hum corpo tem hum gráo de velocidade, e lhe queremos dar o ſegundo, a reſiſtencia val trez; porque o quadrado de hum he hum, e o de dois he quatro; e quando o corpo paſſa de ter força hum, para ter forças quatro, a mudança do eſtado val trez.

Pelo meſmo modo: ſe a hum corpo; que tem trez gráos de velocidade, lhe quizer-mos dar o quarto, a reſiſtencia he de ſete gráos; porque tendo trez gráos de velocidade, tinha forças nove; e quando tiver quatro gráos, terá forças deſaſſeis: ora de nove para deſaſſeis, a differença vai em ſete.

Da-

Daqui ſe ſegue, que quanto mais veloz vai hum movel, mais difficil he o augmentar-lhe o movimento; pois para dar o primeiro gráo de velocidade, a reſiſtencia he 1, para dar o ſegundo, a reſiſtencia he 3: para o terceiro a reſiſtencia he 5: para o quarto 7; para o quinto 9. &c.

Leis para a Inertia do Movimento.

COmo toda a reſiſtencia da *Inertia*, he fundada na difficuldade, que ha em mudar de eſtado o corpo, que de ſi naõ pede nenhum, ſegue-ſe, que igual reſiſtencia hade haver em mudar de quietaçaõ para o movimento, que em mudar do movimento para a quietaçaõ. Iſto poſto

Lei I.

A resistencia da Inertia do corpo em movimento segue a quantidade da massa.

POrque como cada particula em movimento resiste a quem a quizer parar, onde houver dobradas particulas, hade haver dobrada força, que resiste ao novo estado da quietaçaõ.

Lei II.

A resistencia da Inertia do corpo em movimento segue o quadrado da velocidade.

ARazaõ se tira do que diremos das forças vivas, as quaes seguem essa razaõ.

Lei III.

A resistentia da Inertia do corpo, que se retarda, segue a differença dos quadrados da velocidade antiga e nova.

A Razaõ disto he: porque segundo esta differença, he a mudança de estados: assim se quizermos tirar ao corpo o setimo gráo de velocidade, he precizo gastar forças 13; porque tendo 7 gráos de velocidade, tinha forças 49, perdendo hum gráo, fica em 6, e com 36 forças: logo perdeo 13; e para lhas destruir, saõ precizas na cauza forças 13.

As experiencias, que vos referirei para provar o que disse ácerca das forças vivas, provaõ estas Leis; mas prescindindo dellas, mil experiencias ha, que o provaõ, que saõ bem vulgares.

Experiencia I.

QUando hum canhaõ despede varias balas, quanto mais pezadas saõ, mais longe vaõ, de sorte que hum arratel de ferro em huma bala vai mais longe, que dividida em muitos quartos miudos; e estes quartos ainda vaõ mais longe, que a muniçaõ; e do mesmo modo a bala mais que a bucha.

Experiencia II.

QUanto maior he a velocidade da bala, mais tempo dura; porque a força he maior; e mais tempo he precizo para que os obstaculos a destruaõ.

Experiencia III.

POsto qualquer corpo em movimento, quanto menor he o embaraço do movimento, mais tempo dura nelle. Desta experiencia costante se tira este argumento,

para ſe provar, que o corpo deſi naõ pede quietaçaõ, como o vulgo crê, e todos os Filizofos antes de Deſcartes.

Huma bala em movimento, dura hum minuto v. g.: logo ſe o embaraço do ar, e os de mais forem metade menos, o tempo do movimento ſerá dobrado: logo ſe o embaraço for dez vezes menor, o tempo do movimento ſerá dez vezes maior: logo ſe o embaraço, for infinitamente menor, ou nenhum, o tempo do movimento, ſerá infinitamente maior, ou para ſempre.

Experiencia IV.

QUando vamos em hum barco, ſe eſtamos em pé, quando a embarcaçaõ marra de repente, todos cahimos no chaõ. A razaõ he; porque hindo tudo em movimento, ſendo o embaraço ſó para a embarcaçaõ que marra na praia, as peſſoas naõ tem embaraço, e por conſeguinte cahem.

Quan-

Quando os rapazes vaõ sentados na taboa da carruagem, se de repente a carruagem parou, elles cahem para traz; porque hindo em movimento, haõde conservalo, pois naõ tem embaraço, ora naõ se movendo o assento, em que vaõ, e movendo-se elles, forçozamente haõde cahir.

Experiencia V.

QUando na náo se despede huma pedra ao alto a prumo, seguindo a náo o seu movimento, vem a pedra a cahir no lugar, donde sahio.

A razaõ he: porque a pedra quando sahio da maõ, naõ levou só o movimento perpendicular, mas tambem o horizontal, pois naõ havia embaraço para esse movimento: conservando pois a pedra lá pelo ar todo o movimento horizontal, que o navio tem pela agua, segue-se, que a pedra despois de subir e baixar, hade cahir no mesmo lugar.

Ex-

Experiencia VI.

QUando temos em algum canudo huma couza, que naõ podemos tirar, como v. g., a tinta dentro em huma penna, ſacudimos com força, e dando huma pancada na borda de hum bofete, ſahe o embaraço.

A razaõ he; porque a tinta levava o movimento para baixo, e impedindo-ſe o movimento da penna, pela pancada que deo no bofete, ſegue-ſe que a tinta hade ſaltar; porque ella deve mover-ſe; e a penna deve parar; e daqui ſe ſegue deſprender-ſe o embaraço, e ſahir.

Deſte meſmo modo ſe faz mover o azougue dentro dos Tubos Capillares, ſacudindo o canudo, e dando com elle pancadas ſeccas, poſto que pequenas, para que o azougue conſervando o movimento ſe deſpegue do canudo, que pára de repente.

Adver-

Advertencia.

MUitos, amigo meu, confundem o corpo em si, com o estado, em que elle se acha. O corpo de si he indifferente para todos os estados e mudanças, e isto he a *Inertia*, que fica provada, porém o estado naõ he indifferente para as mudanças. Qualquer estado resiste á sua destruiçaõ, e por conseguinte a qualquer mudança; porém o corpo em si mesmo naõ resiste a nada. Assim naõ ha a contradicçaõ, que muitos pertendem entre *Inertia*, e *Resistencia*, ou força: a *Inertia* he do corpo em si, prescindindo deste, ou daquelle estado; a *resistencia* he do estado, em que o corpo se acha, o qual, sem se empregarem forças de cauza extranha, naõ pode ser destruhido.

Fim da nona Carta.

CAR-

CARTA X.

Sobre a Medida das Forças do Corpo em movimento, a que chamaõ Forças Vivas.

§ I.

Estado da Questaõ.

QUando o corpo vai em movimento, he capaz de fazer alguns effeitos; por conseguinte tem forças, sejaõ ellas dadas, ou adquiridas, pelo principio, que quizerem. Antigamente estas forças se julgavaõ maiores, ou mais pequenas, attendendo á massa, e á velocidade, multiplicando huma pela outra, como vos ensinei, fallando da quantidade do movimento: e entaõ *forças* do corpo em movlmento, ou quantidade de movimento eraõ couzas iguaes, ou talvez sinónimas, ou pelo menos, essencialmente correspondentes.

Po-

Porém Leibnitz foi quem levantou a voz; e com hum tom bastantemente atrevido disse, que as forças do corpo em movimento se deviaõ avaliar de outra maneira, e o titulo, que poz á sua dissertaçaõ, foi este: *Breve demonstraçaõ do celebre erro de Descartes, e outros mais, na avaliaçaõ das forças do corpo em movimento.*

Funda-se elle neste principio, que as forças de qualquer Agente se devem avaliar pelos effeitos, que ellas saõ capazes de fazer; e fundando-se neste principio, vê por experiencias inegaveis, communíssimas, e constantes, que naõ saõ estes effeitos proporcionados ás massas multiplicadas pelas velocidades; mas sim ás massas multiplicadas pelos quadrados das velocidades: exemplo. Se postas duas balas iguaes, huma tem velocidade dupla da outra, faz effeitos quatro vezes maiores: e se tem velocidade tripla, faz effeitos nove vezes maiores: se tem velocidade quadrupla, faz effeitos desasseis vezes maiores.

res. Porque o quadrado da velocidade 2 he 4: da velocidade 3 he 9; e da velocidade 4 he 16 &c.

Este pensamento de Leibnitz levantou huma especie de guerra civil entre os Fizicos, de sorte que esquentando-se os cérebros de huma parte, e da outra, tem a questaõ degenerado em divizaõ de bandos; e por fim se levantou outra Seita querendo compor ambos os partidos, e dizendo, que só differem em questaõ de nome.

Eu, que sou Cidade livre, e naõ devo por lizonja accommodarme a ninguem, direi o que entendo: cada qual, sem fazer caso do que que eu digo, fará outro tanto.

§ II.

Do que se entende pela palavra Força.

JÁ sabeis amigo Eugenio o nosso costume antigo de examinar bem a accepçaõ de qualquer palavra, antes que disputemos ácerca

ca della. Eu por esta palavra *Força* de hum Agente, entendo a capacidade que elle tem, de fazer algum effeito, sem que entre tanto renove o vigor. Exemplo. Se hum homem pode com huma acçaõ levantar duas arrobas, e outro só huma, todos diraõ, que o primeiro tem força dobrada. Se hum homem pode com a renda de hum anno fazer hum Palacio dobrado, do que pode fazer o seu visinho, já se vê, que tem riquezas dobradas. Se hum homem pode comprar dobrada quantidade de livros por exemplo, sem se empenhar, nem ficar devendo, tem dinheiro, e cabedal dobrado.

Advirto, que se falla de huma acçaõ, em que se empregue tudo quanto ha de força, cabedaes, e riqueza. Porque se hum Agente fizer metade do effeito, e ficar ainda com forças para produzir a outra, naõ pode o effeito produzido ser a medida das forças, que havia. Tambem advirto, que senaõ devem renovar as forças no

meio

meio da acçaõ; porque ſe hum homem levantar agora hum pezo, e deſpois dormir, e comer, e cobrando novo vigor levantar ſegundo pezo, naõ prova, que tem forças dobradas; prova-o ſim, ſe ſem deſcançar levantar com huma acçaõ pezo dobrado do outro. Deve-ſe pois acautelar eſta equivocaçaõ, e medir as forças actuaes pello effeito total, que eſte agente pode fazer, ſem receber algum ſoccorro de novo.

§ III.

Dos effeitos, que ſe achaõ, quando ſó a maſſa he differente.

VÓs eſtareis admirado de ver, como eu vou devagarinho, e adiantando os pés como criança: iſto faz o medo de errar onde muita gente boa ſe equivóca. Ponhamos duas balas do meſmo volume, porém pezo differente, ſendo huma ouca, e outra maciſſa: deixemo-

xemo-las cahir da mesma altura na terra molle, liza, e preparada: vemos que a cova he inteiramente á proporçaõ da massa; se a differença he dupla, ou tripla, outra tanta se acha na cova. Advirtovos Eugenio, que para isso se prepára greda bem amassada, e se aliza mui bem numa caixa, e se poem debaixo das bolas, cuja altura se mede por huma regoa bem graduada, e para que a cova se possa medir bem, se unta a bala com azeite, para que se naõ pegue á greda.

Est. 5. fig. 3. De outro modo se fazem as experiencias (*Fig.* 3.) Nesta maquina se poem huma regoa armada com hum pezo *A*, o qual cahindo, se enterra na greda da caixa *b*; e como ahi perde todas as suas forças, na grandeza da cova se vê a quantidade dellas. Na caixa *e* posterior da figura conica, se mete mais, ou menos pezo, em ordem a combinar a massa, como se deseja, com a velocidade, e esta se mede na regoa horizontal *b n*, a qual está graduada.

Sa-

Sabei agora, que o *pendulo* do mesmo comprimento faz a sua *Oscilaçaõ* no mesmo intervallo, quer seja a oscilaçaõ grande, quer pequena; que vos ensinarei mais devagar. Isto supposto, como a regoa pendula corre no mesmo tempo todo o espaço, quer a deixem cahir de duas polegadas, quer de 8 ou 10; pelo numero dessas polegadas conhecemos quanta foi a velocidade do corpo *A.*, quando incorreo na greda.

De outro modo se fazem estas experiencias (*Fig.* 4.). e vem a ser: pendurai huma barquinha *E* em dois fios parallelos, nella se poráõ varios pezos, e na parte anterior, que he da figura cónica *E* se poem hum pouco de azeite para que entre e saia da greda sem perturbar a figura da cova; e nella se observa quaes saõ as forças, que trazia a barquinha, quando se enterrou. Est. 5. fig. 4.

Feitas pois as experiencias de todos os modos, se observa, que sendo a mesma velocidade, sempre

pre a cova segue a differença, e proporçaõ das massas, e nisto se vê praticamente verificada a maxima, que

Effeitos maiores pedem forças maiores.

Effeitos quadruplos suppoem forças quadruplas.

§ IV.

Dos effeitos, que se achaõ, quando a massa he a mesma, mas a velocidade differente.

JÁ sabereis, que nos pezos, que cahem, como o movimento he accelerado, a velocidade naõ segue as alturas, mas a raiz quadrada das alturas. Istó he: se o corpo cahe de huma vara, a velocidade he 1: se cahe de quatro varas, a velocidade he 2: se cahe de nove varas, a velocidade he 3; se cahe de desasseis varas, a velocidade he 4. Isto supposto: para conhecermos, que velocidade tinhaõ

nhaõ os córpos, quando chegaraõ á terra, devemos ver as alturas, e tirar a raiz quadrada de ambos, e neſſa proporçaõ eſtaõ as velocidades. Ou por outro modo; *as alturas ſempre ſaõ como os quadrados das velocidades dos córpos quando chegáraõ á Terra.*

Experiencia I.

DEixemos cahir duas bollas iguaes em volume e maſſa, huma de hum palmo de alto, outra de quatro ſobre a grêda amaſſada, que ſe ſuppoem preparada, e liza para as experiencias: vemos duas covas, nas quaes ſe extinguiraõ todas as forças, que traziaõ os dois córpos: ſem duvida, que eſtas covas nos enſinaráõ quantas eraõ as forças, que ſe perderaõ, para as formar. Tiremos as bollas, que eſtavaõ untadas de azeite, e obſervaremos huma cova quatro vezes maior que a outra; ſendo a velocidade deſſa bolla ſómente dobrada.

Experiencia II.

NA maquina da regoa, que balanceia, se intenta a mesma experiencia. Conserva-se a mesma massa, e se faz cahir a regoa, ora de hum palmo, ora de dois
Est. 5. fig. 3. (*Fig.* 3.): esta regoa horizontal *bn*, já vos disse, que mede exactamente as velocidades; e para que a segunda cova naõ caia sobre a primeira, a caixa da grêda *b* se levanta, ou abaixa, em ordem a que o corpo *A* faça sempre a sua cova distante da cova precedente. Feita pois a experiencia, se acha huma cova quatro vezes maior, que a outra, sendo a velocidade sómente dupla.

O mesmo se vê fazendo a experiencia na barquinha da *Fig.* 4.).

Experiencia III.

PONhamos na regoa, ou na barquinha em lugar do corpo *A*, ou *E* solidos, 4 figuras cónicas do mes-

mesmo tamanho G, mas oucas; desorte que as quatro pezem tanto, como a primeira. Repita-se a experiencia, pondo as quatro piramides cónicas, quando a velocidade he dobrada. Observaõ-se quatro covas, iguaes cada huma á primeira: logo os effeitos saõ quatro vezes maiores, sendo a velocidade sómente duas vezes maior.

Experiencia IV.

DEixe-se cahir o corpo *A* (*Fig.* 3.) no mesmo lugar nove vezes successivamente; fará huma grande cova, sendo o effeito de nove forças successivas: levantemos a caixa da grêda, para ficar outro lugar intacto correspondente ao corpo *A*; deixe-se cahir de huma distancia sómente 3 vezes maior: observar-se ha huma cova inteiramente igual á primeira: logo parece, que quem fez esta cova, teve força igual ás 9 forças successivas, que tinha feito a primeira. Destas experiencias ha milhares, e todos Est. 5. fig. 3.

já por força, concordaõ, que se a massa he a mesma, e a velocidade maior, que os effeitos, naõ seguem a proporçaõ da velocidade, mas do quadrado da velocidade.

§ V.

Da resposta, que daõ os Antigos, e os que desprezaõ a doutrina de Leibnitz.

MUitos homens doutos, naõ podendo largar a opiniaõ antiga, que lhes parecia mais simples, natural, e conforme á razaõ, medindo as forças pela quantidade de movimento, (isto he a massa multiplicada pela velocidade); e por outra parte, naõ podendo negar, que os effeitos naõ seguem a velocidade, mas o seu quadrado sendo a massa igual, começaraõ a trabalhar, luctando com muita fadiga com esta difficuldade. E acháraõ huma resposta ingenhoza, e dizem, que posta a mesma massa, o movel que tem velocidade dupla, só tem for-

forças duplas ; mas que com forças 2 hade fazer effeitos 4 , e daõ esta razaõ. O movel mais veloz tendo forças duplas do outro mais fraco , hade resistir muito mais á destruiçaõ das forças : e por conseguinte se o fraco obra em hum tempo determinado , o forte hade obrar em dois tempos. Ora no 1. tempo como o forte tem forças duplas , hade fazer effeitos 2 , em quanto o fraco só produz effeito 1: no segundo tempo o fraco já naõ obra ; porém o forte ainda vive , e hade obrar , e fazer effeitos proporcionados ás suas forças , e ahi temos outra vez effeitos 2 : os quaes cahindo sobre os effeitos obrados no tempo precedente , saõ effeitos 4 , quadrado da velocidade 2.

Do mesmo modo, se o movel forte tiver em massa igual, velocidade tripla do outro fraco , hade ter forças 3 : porém , como resiste mais á destruiçaõ das forças , hade obrar em trez tempos , e em cada hum fazer effeitos proporcionados ás forças : isto he , effeitos 3 , os quaes

no

no fim da acçaõ vem a ser 9, quadrado da velocidade 3.

Em todos os cazos, (dizem) se deve fazer muito cazo do tempo, que dura a acçaõ, para saber qual he a soma dos effeitos, supposta a quantidade das forças: e medir as forças pelos effeitos, sem attender ao tempo, he erro, que se naõ pode perdoar. Hum homem, que em vinte annos faz hum Palacio maior do que o outro fez em hum anno, sem se empenharem, naõ prova, que tem rendas vinte vezes maiores. Hum cavallo, que em muitas horas andou 20 legoas, naõ prova que tem forças 20 vezes maiores, que outro, que andou huma legoa em huma hora; porque bem claro he, que com as mesmas forças, multiplicando o tempo, se hade multiplicar o effeito.

§. VI.

§ VI

Reflexaõ ſobre a reſpoſta precedente.

VEdes, amigo Eugenio, que ambos eſtes partidos já parece terem razaõ; e que ſe a doutrina de Leibnitz e ſuas experiencias pareciaõ convincentes, eſta reſpoſta parece que a ſatisfaz. Ora como nós podemos dizer o que entendermos, ſem que ninguem nos ponha demanda, ahi vai eſta reflexaõ para ver ſe ella he juſta.

Supponhamos, que eu, e vós vamos comprar livros, v. g. á loge de Mr. Le Beux: queremos cada qual fazer o noſſo Gabinete de livros, e levamos as noſſas bolças providas com todo o cabedal, que cada hum tem, (porque em que ſe póde elle empregar milhor, que em bons livros.) Ora ſahindo nós a eſta empreza, ſupponhamos que vós levais 20 moédas, e eu ſómente 10. Vós tendes dobradas for-

forças para comprar do que eu: sois dobrado rico, e crivel he, que supporteis a despeza mais tempo do que eu, e que naõ sejamos reduzidos a consumir, e perder todo o cabedal em hum mesmo tempo (reparai, que vou dando os mesmos passos, que o discurso da resposta precedente). Assim eu dentro de huma hora v. g. ficarei sem dinheiro, quando vós tereis ainda a vossa bolça pezada: porém como os vossos cabedaes saõ dobrados dos meus, na primeira hora v. g. comprareis dobrados livros do que eu; e se os meus me fizeraõ de despeza 10 moédas, os vossos deviaõ fazer 20 (Daqui naõ ha escapar). E na hora seguinte pergunto, vos achareis ainda com dinheiro para fazer outra igual despeza á que fizestes na primeira hora?

Vós rireis com a pergunta; e eu quero huma resposta de *sim*, ou de *naõ*. Se dizeis *sim*, doume por convencido, e confessarei, que sahindo vós com dinheiro dobrado do meu, lá pelos vossos calculos Mathe-

thematicos vos recolheſtes com livros, que valem quatro tantos; e por eſta meſma razaõ confeſſarei, que o movel com forças duplas póde fazer effeitos quadruplos.

E reſpondendo ás duas comparaçoens, que alleguei pela ſua parte, do homem, que faz o Palacio em muito mais tempo, do que o ſeu vizinho; ou do cavallo, que anda muitas mais legoas, poſto que em maior tempo, digo, que convém lembrar das circunſtancias, que ao principio apontei: huma he, que o Agente naõ recobre as forças durante a acçaõ, como ſuccede a quem faz o Palacio em muitos annos, cobrando cada anno novas rendas para iſſo: a outra circunſtancia he, que o Agente empregue todas as forças na acçaõ, e por iſſo o cavallo, que andou huma legoa, e parou, naõ empregou todas as ſuas forças: ainda lhe reſtavaõ mais para hir como o ſeu companheiro mais adiante.

A comparaçaõ juſta he do cabedal, que eſtá numa bolça, e ſe em-

emprega comprando alguma couza, porque ahi as forças todas se acabaõ, e empregaõ na compra; e durante esta acçaõ, naõ se augmentou, ou recobrou o dinheiro.

Eu quizera perguntar aos defensores do modo antigo de calcular, huma couza, que parece obvia, e eu naõ posso entender, supposta a sua doutrina. Quando o Agente mais forte produzio no primeiro tempo (supponhamos a sua doutrina) quando produzio dois effeitos, ou perdeo algumas forças, ou nenhumas, ou todas? Escolhaõ o que quizerem; naõ me poderáõ desembaraçar da difficuldade. Se o movel naõ perdeu força alguma, fazendo effeito 2, tambem no segundo tempo poderá fazer igual effeito sem perder forças; e ficará obrando *in eternum*, sem que as forças se debilitem, ou consumaõ. De mais: Onde se vio em Fisica produzir-se hum effeito sem destruiçaõ de forças? Onde se vio acçaõ de hum Agente contra o obstaculo, sem que o obstaculo tenha huma igual reac-

çaõ

çaõ contra as forças do Agente? Tudo isto, sendo maximas estabelecidas, se devem negar, se o Agente veloz pode fazer no 1 tempo effeitos 2, e ficar com as mesmas forças intactas para obrar no segundo.

Se quizermos dizer, (como devem) que no 1 tempo da acçaõ para fazer effeitos 2 fez a despeza de forças duas; que forças lhe ficaõ para obrar no segundo tempo?

Se ultimamente differem, que no 1 tempo só perdeu metade das forças, isto he forças 1: quem lhe deu privilegio para fazer effeitos 2 com a despeza de forças 1? Quando os effeitos, que consomem as forças que os produzem, devem sempre consumir forças, que lhe sejaõ proporcionadas a elles. Ou os effeitos podem nascer, sem que se consumaõ as forças que os produzem; e entaõ fica o Agente taõ forte, como de antes; ou naõ podem nascer sem a despeza das forças, que os produziraõ; e entaõ effeitos 2 pedem despeza de forças duas. Quando se vio no mundo effeito

sem

sem cauza? e quando se vio effeito sem cauza proporcionada. Para effeito 1 foi preciso consumir no movel fraco forças 1; e para effeitos 4 do movel forte, naõ foi preciso consumir nelle forças 4. Se effeito 1 consumio forças 1, o effeito 2 devia consumir forças 2; e depois de consumidas forças 2 nos dois effeitos, quem produzio os 2 que faltaõ? Estes effeitos se fazem successivamente na terra molle, que se bota fóra do seu lugar, e nada disto se faz em hum instante Mathematico? Confessemos amigo, que he preciso ter garganta larga para engolir similhantes absurdos.

§. VII.

Incoherencia da Resposta allegada.

SE a Resposta allegada he verdadeira, segue-se meu amigo Eugenio, que toda a vez, que o movel for dobrado mais forte que

o outro, hade fazer effeito quadruplo, porque hade perſeverar na acçaõ tempo duplo, e em cada tempo produzir effeito proporcionado ás forças; iſto he duplo. Ora bem.

Ponhamos agora duas bolas do meſmo volume, e meſma velocidade, porém maſſa dupla. Já vedes, que a mais pezada tem forças dobradas, e com tudo o effeito he ſó duplo, e naõ quadruplo, (como vimos §. 3.) e que diraõ a iſto os noſſos adverſarios? Já o agente mais forte naõ tem privilegio para obrar em tempo dobrado, e reſiſtir á deſtruiçaõ das forças mais tempo, do que o fraco? Como fazem elles eſtas contas?

Ninguem duvida, que as experiencias moſtraõ, que o movel ſendo de maſſa dupla, e velocidade igual, faz effeito meramente duplo, ainda ſendo ſem queſtaõ, ſer dobrado mais forte; mas ſe a maſſa he a meſma, e a velocidade dobrada, o effeito he quadruplo, naõ obſtante ſerem as forças (dizem elles)

ſó-

ſómente duplas. O tempo da acçaõ naõ deve entrar em hum, e outro cazo? e naõ he o movel mais forte, ou ſeja por ter maſſa, ou por ter velocidade maior? Como ſe ajuſta iſto?

Nós dizemos, ſe a maſſa dóbra, dóbraõ as forças, e os effeitos; mas ſe a velocidade dóbra, os effeitos ſaõ quadruplos; e por iſſo tambem o devem ſer as forças.

§. VIII.

Equivocaçaõ dos Contrarios neſta materia.

EU amigo Eugenio tambem tive grande repugnancia a concordar com Leibnitz, e rejeitar o modo de avaliar as forças pela quantidade do movimento: e pela repugnancia que ſentia, e pelos motivos, que me embaraçáraõ a mim, julgo o motivo, que embaraça os demais, e os faz a noſſo modo trepar por paredes aſſima, para con-

concordar com a ſua doutrina as experiencias, que todas provaõ o contrario.

O que me embaraçava, era naõ poder entender, o como ſendo a velocidade ſó dupla, as forças haviaõ de ſer quadruplas; e augmentada a velocidade 10 vezes, os effeitos haviaõ-de ſer 100 vezes maiores, quando ſó ſe eſperava, que foſſem 10 vezes. Eſta difficuldade de achar *o porque* e o *como*, me fazia huma reſiſtencia a conceder, que as forças ſeguiaõ o quadrado da velocidade. Até que naõ podendo abſolutamente concordar effeito nenhum na colizaõ dos córpos, com a doutrina, que tinha bebido como leite, me reſolvi a fazer huma diſtinçaõ que todos devem fazer, que he da *exiſtencia* da couza, e da *Origem*, que a faz exiſtir. Eu via, que o chumbo, como todos os graves, me pezava para baixo, e admitia a *gravidade*, ainda que buſcava a *Origem* da gravidade, naõ a deſcobria. Pelo meſmo modo via, que o Iman attra-

hia

hia o ferro, e era delle attrahido. Buſcava mas naõ deſcobria a Origem deſta attracçaõ. O meſmo digo da Attracçaõ dos Córpos ſolidos ſobre os raios da luz, e outras mil couzas, e finalmente conclui. Se nós ignorando a Origem de mil attracçoens, que vemos, as confeſſamos, porque as vemos; naõ poderei eu ignorando a Origem, que faz ſubir as forças ao quadrado da velocidade, admittir que ellas ſóbem a eſſa proporçaõ, pois o vejo com meus olhos? Aſſim determinado, entrei a ler outra vez o que de huma, e outra parte ſe dizia, e cada vez me confirmei mais neſta doutrina. Por 6 occazioens differentes, com annos de intervalo, tomei eſta queſtaõ entre maõs, para me deſenganar; e cada vez me certifiquei mais no que agora digo, e neſſas diligencias vim a deſcobrir a Origem radical (como logo vos explicarei) a qual independentemente das experiencias faz ver, que as forças do corpo devem ſer ſegundo o quadrado da velocidade, mul-

ti-

tiplicando-o ſempre pela maſſa.

Pelo que muitos talvez equivocaõ, e confundem a *Origem* deſta medida das forças, com as *forças*. Conhecemos as *forças*, mas ignoramos talvez a *Origem*: ha experiencias, que nos moſtraõ que os effeitos produzidos ſeguem o quadrado da velocidade, e nos impelem a conceder a doutrina de Leibnitz; mas pergunta-ſe, donde procederá iſto? E naõ o alcançando, digamos *naõ ſei*; mas naõ devemos negar o que os olhos eſtaõ dizendo.

§. IX.

Falſa ſuppoſiçaõ, em que ſe funda a reſpoſta dos Adverſarios.

A Reſpoſta dos anti-Leibnizianos ſe funda em que o movel forte hade obrar em maior tempo do que o fraco; deſorte que ſe a velocidade he dupla, hade obrar em dois tempos; e ſe he tripla, em 3 tempos &c. Ora ainda que iſſo foſſe

assim, já vistes, que naõ bastava para responder aos nossos argumentos; mas porque a verdade clama, examinemos, se isto he assim. Eu digo, que naõ; por estes fundamentos.

I. Os pendulos fazem as suas
Est. 5. Oscilaçoens no mesmo tempo (*Fig.*
fig. 5. 5.) quando a corda he a mesma: assim no mesmo tempo, em que o movel veloz vai de *A* até *a*, vai o fraco de *E* até *e*. Supponhamos, que *A* cahe de altura 4 e *E* da altura 1; dizem todos, e se demonstra (em Carta separada tratarei disto) que no mesmo tempo sóbe o fraco a altura 1, e o forte a altura 4. Ora he de saber, que ao passarem pela perpendicular os dois pendulos, o fraco leva velocidade 1, e o forte, que cahio da altura 4, leva velocidade 2. Isto he assentado. O que supposto.

Os dois pendulos passando ao mesmo tempo pela perpendicular (suppoem-se pendurados em prégos diversos, sóbem no mesmo tempo a alturas 1 e 4: e as velocidades,

des, que tinhaõ quando começáraõ a ſubir, ſaõ 1 e 2: logo os moveis, cujas velocidades eſtaõ na razaõ dupla, fazem no meſmo tempo effeitos na razaõ quadrupla.

II. Os dois moveis, que incorrem na terra molle para perder as forças, quando hum tem velocidade dupla do outro, naõ vaõ a paſſo emparelhado; mas em quanto hum ſe enterra movendo huma porçaõ de terra, o outro veloz deve mover maior porçaõ de terra: por conſeguinte ſe as forças foſſem ſó duplas, havia de mover porçaõ dobrada, e perder forças dobradas neſſe meſmo tempo; e ſe as forças ſaõ quadruplas deve mover porçaõ quadrupla neſſe meſmo tempo, e perder niſſo as ſuas forças.

Que experiencia ha, que nos próve, que o movel mais forte dura na acçaõ mais tempo? Que razaõ póde haver que perſuada, que ſendo o movel dobrado mais forte pela maſſa deve obrar ſó num tempo e fazer effeitos 2, mas que ſe for dobrado mais forte pela velocidade dupla,

hade obrar em dois tempos, para nelles fazer effeitos 4? Dezejára huma razaõ, que se perceba claramente, como saõ as nossas, que naõ quebraõ a ninguem a cabeça com calculos; mas saõ proporcionadas á capacidade de todos. A verdade tem por caracter a simplicidade, e o erro os ornatos especiozos: vamos a diante.

§. X.

Absurdos no modo de contar de Descartes tirados da decomposiçaõ do movimento. (*Fig.*6.)

Est. 5. fig. 6.

SUpponhamos Eugenio, que temos hum bilhar desta proporçaõ: Largura 3 comprimento 8, dividindo-o com huma linha *m n* em dois parallelogramos rectangulos e iguaes, a linha *A o* val 3 medidas, a linha *o n* val 4; e por conseguinte a linha diagonal *A n* val 5 exactamente; porque entaõ o quadrado da hipothenusa 5 que val 25 he igual ao quadrado de 3, que vem

a ſer 9, e o quadrado de 4, que vem a ſer 16, conforme a propoſiçaõ de Pitagoras bem decantada.

Iſto ſuppoſto; ſe o movel *A* naõ elaſtico vier pela linha *An*, e bater nas bordas naõ elaſticas, perde todo o movimento perpendicular á borda, e conſerva todo o parallelo, e vai a bola rolando atê *a*. Iſto he aſſentado unanimamente por todos.

Aſſim a bola batendo em *n* perde humas forças, e conſerva outras; porque perde todo o movimento perpendicular igual a 3, e conſerva todo o parallelo igual a 4, pois eſtas ſaõ as ſuas velocidades reſpectivas: logo ſe medir-mos as forças pela velocidade, o movel perde na pancada forças 3 (eſta era a velocidade perpendicular), e conſerva forças 4: pois eſta he a velocidade que lhe fica.

Vejamos agora, que forças tinha o movel antes da pancada: tinha velocidade 5 (eſta he a medida da linha *An*); e por conſeguinte tem forças 5. Vêde agora Eugenio,

que

que galante couza: O movel antes da pancada tinha forças 5, na pancada perde 3, e ficou com 4: naõ he galante o modo de contar?

Já ouvi a certo sujeito, que queria dizer: que quando o movimento se desmanchava, ou resolvia, que entaõ era outra doutrina: eu ri-me, e tambem vós o fareis. Se nós naõ puzermos a borda no bilhar, a bola *A* vem com forças 5; pois a velocidade he 5; mas se puzermos a tal borda de sorte, que a pancada seja obliqua, que isso he o que basta para decompor, ou resolver o movimento, já as forças naõ saõ 5, sendo a mesma massa, e a mesma velocidade. Quem poderá tal ouvir sem zombar?

Contemos agora como Leibnitz, e veremos se as contas ajustaõ. O movel trazia velocidade 5; logo as forças eraõ 25 quadrado de 5; perdeu na pancada velocidade 3, isto he forças 9, conservou velocidade 4, isto he forças 16: ha coiza mais justa? quem tinha forças 25, perdeo 9, e conservou 16.

§. XI.

§. XI

Dos Absurdos, que se encontraõ na colisaõ dos córpos naõ elasticos, se contarmos como os Carthesianos.

POnhamos huma bola de chumbo parada, e outra de igual pêzo, que incorra nella (*Fig.* 7.) com velocidade 2; depois do choque, ambas vaõ com velocidade 1: desta experiencia ninguem duvída. Est. 5. fig. 7.

Os nossos Adversarios se confirmaõ no seu modo de contar dizendo; que couza mais natural, do que as forças 2, que estavaõ só no movel *a*, acharem-se agora repartidas por *a* e *b*, ficando cada qual com forças 1?

Ora vejamos amigo, este calculo, com olhos de reparar. Que forças havia antes do choque, e que forças ha depois? Depois (dizem elles) ha forças 2, e antes tambem havia duas. Ora está bem: observemos

mos as duas bolas ; velas-hemos amaçadas : pergunto agora : Se antes do choque havia só forças 2, e agora ainda existem forças 2, naõ pereceraõ forças nenhumas no choque ; e se naõ pereceraõ forças, quem fez esta compressaõ nas bolas, e mudança de figura no chumbo, que se naõ pode fazer sem dispendio de forças ?

Effeitos sem cauza, galante novidade ! o chumbo amaçado, e naõ houve, nem hum gráo de força, que nisto se empregasse e consumisse ! Como se explica isto ?

Vamos agora ao nosso modo de calcular, e veremos se a doutrina quadra com a razaõ. Antes do choque havia velocidade 2, e forças 4 ; no choque perderaõ-se forças 2, e conservaõ-se forças 2. Ora dois e dois em Portugal fazem 4.

Convém examinar, se a compressaõ das bolas com effeito val as 2 forças, que se consumiraõ : para o fazer. Façamos para isso a experiencia em grêda molhada, para se poder examinar a concavidade,

e va-

e vamos á maquina da coliſaõ dos córpos (*Fig.* 8.) Ponhamos duas Barquinhas *A* , *B* na parte anterior vai a figura cónica para ſe enterrar na grêda molle , que ſe poem na parte poſterior de ambas : dentro ſe mete o pezo , que convém para que as barquinhas tenhaõ a maſſa na proporçaõ dezejada ; e na regua *m n* ſe governa a velocidade , que ſe dá á barquinha movel *B*. A outra *A* ora ſe deixa ſolta mais quieta , ora ſe fixa a algum corpo firme , e immovel , que ſe lhe ajuſta , conforme a experiencia , que ſe deſeja. Iſto ſuppoſto. Eſt. 5. fig. 8.

Quando ſe quer averiguar que forças ſaõ precizas para fazer huma concavidade igual á outra , que eſtá feita , poem-ſe a caixa da grêda immovel ; e ora ſe mete no corpo movel mais pezo , ora menos , ſuppoſta a velocidade determinada , augmentando , ou diminuindo , até que a concavidade fique igual. Iſto aſſim diſpoſto , vamos á experiencia.

Ponhamos nas barcas maſſas iguaes. *A* eſteja livre , e quieta : ve-

venha *B* com velocidade 2, e vaõ ambas de companhia com velocidade 1, conforme está dito. Havia no nosso modo de contar antes do choque forças 4 conservaõ-se depois forças 2, e na cova se perderaõ forças 2.

Tire-se de *A* a caixinha *E* de grêda, que tem na parte posterior, e ponha-se outra nova de grêda igualmente molle &c. Segure-se *A*, e faça-se immovel; ponha-se em *B* massa dobrada, e faça-se cahir com velocidade 1: neste cazo já se vê, que *B* tem forças 2 antes do choque: cahe pois *B* sobre *A* immovel, e faz huma cavidade, em que perde todas as forças; por conseguinte será evidente, que a cavidade responde a forças 2: Ora esta cavidade se acha perfeitamente igual á precedente, quando *B* com velocidade 2 incorria em *A* solto, e quieto tendo ambos massa igual.

§. XII.

Absurdos, que se encontraõ na colisaõ dos corpos elasticos, a naõ contar como Leibnitz.

POnhamos Eugenio dois globos de marfim, que se suppoem perfeitamente elasticos (*Fig.* 9.) hum grande de 3 onças quieto *B*, outro pequeno *A* de 1 onça que incorre no grande com velocidade 4, a qual se conhece na seta, cuja ponta se dirije ao lugar, para onde o globo vai. Naõ sendo os globos elasticos, iriaõ ambos com velocidade commua 1, porque velocidade 4 repartida por massa 3 e 1, dá hum gráo de velocidade á massa total. Est 5. fig. 9.

Ora sendo os globos elasticos como suppomos, no contacto se faz com compressaõ 4, que origina forças elasticas 4 para partes oppostas: cedendo os dois globos a esta força á proporçaõ, que resistem menos; o pequeno *a* por cauza da ligeireza, re-

sis-

siste 3 vezes menos que o grande *b*; assim recebe 3 gráos de velocidade para traz; e o grande 1 gráo de velocidade para diante: mas como o tal globo grande já tinha no contacto recebido 1 gráo, agora vai com 2 para diante.

Vamos agora ao pequeno. Como elle tinha conservado no contacto hum gráo de velocidade para diante, e agora recebe trez para traz, fica hum gráo destruido com outro contrario, e o globo se acha com dois gráos de velocidade para traz. Isto he huma coiza, em que todos unanimente concordaõ de qualquer partido que sejaõ; nem nestas Leis do choque houve jámais disputa.

Vamos agora calcular em hum e outro modo de contar. Segundo Descartes, antes do choque como dissemos havia no globo pequeno forças 4; mas no grande naõ havia força alguma, porque estava quieto. Depois do choque o grande tem massa 3 velocidade 2; isto he, forças 6: O pequeno se acha com massa 1 velo-

ci-

cidade 2 ; isto he forças 2. Desorte, que antes do choque existiaõ no mundo sómente forças 4; depois do choque se achaõ forças 8. Vêde se vos agrada este modo de augmentar as forças. Ninguem recorra ao elasterio, porque elle só restitue as forças, que a compressaõ destruhio: Só resuscita as forças destruidas, nunca as produzio de novo.

Contemos agora com Leibnitz. Antes do choque havia no globo pequeno massa 1 velocidade 4 ; isto he, forças 16 : vamos ao que se acha depois do choque : o globo grande tem velocidade 2, cujo quadrado he 4, que multiplicado por massa 3 dá 12. No globo pequeno a velocidade 2 dá no quadrado forças 4, que multiplicadas por massa 1 fica em 4. Juntando agora as forças do grande 12, com as do pequeno 4, se achaõ 16, como antes do choque. Ora Eugenio, se isto naõ he verdade, ao menos arremeda-o bem.

Pelo mesmo modo, suppondo no globo grande quieto massa 9, e no pe-

pequeno só massa 1, supponhamos
Est. 5. velocidade 10 (*Fig.* 10.) com a
fig. 10. qual incorre no grande; depois do choque, pelas Leis estabelecidas por todos, o grande vai para diante com velocidade 2; o pequeno salta para traz com velocidade 8. Calculemos agora.

Pelo modo dos contrarios antes do choque havia forças 10 no pequeno, e no grande nada: depois do choque o grande se acha com massa 9 e velocidade 2, que quer dizer forças 18, e o pequeno com massa 1 e velocidade 8, que dá forças 8: assim depois do choque se achaõ forças 26, quando antes delle só haviaõ 10. Ainda quando quizessemos contar as forças do elasterio juntas com as que para o formar pereceraõ na compressaõ (que he forte absurdo) naõ chegávaõ a vinte e seis.

Contemos agora, como a Verdade manda. Antes do choque haviaõ no globo pequeno forças 100 quadrado da velocidade 10: depois do choque no grande ha velocida-

de

de 2, cujo quadrado he 4, e multiplicado por maſſa 9, dá forças 36. Vamos ao pequeno velocidade 8 dá no quadrado 64: a maſſa 1 naõ altéra a conta: temos logo no pequeno forças 64, e no grande 36, que fazem 100. Iſto Eugenio ſerá mentira; porém eu me quizera antes com eſtas mentiras, que entendo, que com as outras verdades dos contrarios, que naõ entendo.

§ XIII.

Dos Abſurdos, que ſe encontraõ na geraçaõ das forças, a naõ contar, como Leibnitz.

ATé agora Eugenio, examinamos as forças pelos effeitos, que faziaõ, quando ſe deſtruhiaõ: agora convém medilas pelas cauzas, que as produzem; e paſmareis de ver, como a verdade ſe moſtra ſempre uniforme, e conſtante de qualquer modo que a vejamos. Ponho hum principio, de que ninguem eſpero, que me duvide. O

O mesmo elasterio disposto do mesmo modo, sempre hade produzir as mesmas forças.

Porque se as forças do elasterio saõ as mesmas, as forças produzidas por acçaõ semelhante, devem ser as mesmas. Isto supposto, dispondo deste modo as experiencias (*Fig.* 11.). Poñho hum elasterio aberto, mas fixo por huma parte á columna: na outra parte do elasterio está hum vinco fundo para atar hum cordaõ de seda, pelo qual se puxe até que o elasterio incoste huma perna á outra, e entaõ se larga. Deste modo ficamos certos, que elasterio teve a mesma inflexaõ, e por conseguinte a mesma força na sua acçaõ. A regoa *m n* fica pendente de forma, que estando o elasterio fechado ella fique quazi a prumo; mas sempre encostando algum tanto sobre o elasterio, para que naõ succeda o ficar separado, nem a grossura de hum papel. Na caixinha *n* se poem varios pezos, 1 onça, ou 2 ou 4. Advirto, que se deve attender tambem ao pezo da caixinha,

Fig. 11.

nha, desorte que a caixinha com o pezo, ora peze 1 onça, ora 2, ora 4. A regoa horizontal *p q* graduada serve de medir a velocidade, ou o espaço, que a regoa pendul a *m n* pode correr, segundo a força do elasterio ou móla. Isto supposto.

Largamos o elasterio, depois de dobrado quanto pode ser: se a regoa peza 1 onça, vai até a 10 gráos de distancia; pondo 2 onças na regoa, esperava eu, que fosse até 5 gráos; porém observa-se, que sempre passa de 7; e carregando-a com 4 onças, vai até 5 gráos.

Se contarmos, como Descartes, confessaremos, que no 1 cazo a regoa movel recebe forças 10; no 2 forças mais de 14, multiplicando velocidade 7 por massa 2; e no 3 forças 20, multiplicando velocidade 5 por massa 4. Ora parece bem grande absurdo dizer, que a mesma mola, dobrada da mesma fórma, ora produz forças 10, ora 14, ora 20.

Contando porém, como Leibnitz tudo se ajusta. No 1 caso a ve-

locidade he 10, as forças 100; no ultimo a velocidade he 5, o quadrado 25, o qual multiplicado por massa 4 dá forças 100; e no 2 cazo a velocidade he 7, o quadrado 49, o qual multiplicado por massa 2 dá 98: porém como a velocidade passa de 7, o quadrado passa de 49 e o reputaremos por 50, e temos forças 100. Confesso-vos Eugenio, que a primeira vez, que vi chegar massa 4 a velocidade 5, fiquei summamente admirado, e contente, vendo a verdade clara diante dos meus olhos. Estas experiencias tenho repetido muitas, e muitas vezes, diante de quem as queria ver em publicas assembleias.

§. XIV.

Da Origem, ou cauza á priori, porque a velocidade faz subir as forças segundo o seu quadrado.

NEste ponto Eugenio, havemos de fazer varias supposiçoens de que se naõ duvida. Primei-

meiramente todo o movimento accelerado tem isto com sigo, que a velocidade do fim segue a raiz quadrada dos espaços já corridos: O mesmo tem o movimento retardado, em que os espaços saõ como os quadrados da velocidade, que houve no principio do movimento.

Em segundo lugar: toda a açaõ, que produz de novo o movimento, he accelerada; e toda a que destróe o movimento, he retardada. Quanto á producçaõ do movimento, ou seja por móla que se dilate, ou por impulso da maõ, ou de qualquer modo, observai isto. Naõ se póde dar o movimento em hum instante Mathematico; sempre he em hum tempo divisivel: ora se no primeiro momento o movel recebe certa velocidade da cauza impellente, ou no segundo continua com a mesma velocidade, ou menor, ou maior: Se for menor, já naõ póde alcançar o movel, que partio com a velocidade communicada; se for a mesma tambem a cauza naõ póde ter acçaõ sobre o movel, por-

que quando dois córpos vaõ com a mesma velocidade, hum naõ póde ter acçaõ alguma sobre o que lhe foge tanto, quanto elle se avança: logo sómente poderá o movel receber novo gráo de velocidade, se a cauza impellente se mover com maior velocidade do que no principio: e pela mesma razaõ no terceiro momento naõ poderá receber augmento de velocidade, se naõ se a cauza impellente o tiver. Assim he manifesto, que nenhum movimento se pode produzir sem que a cauza impellente se accellere, durante a acçaõ; e por isso o movel se deve accelerar nesse mesmo tempo.

Daqui vem, que em todos os cazos, se encurtamos o tempo da acçaõ, diminuimos a velocidade do movel. Quando hum no jogo da bola, vai a despedi-la, se alguem por detraz no meio da acçaõ lhe poem obstaculo ao braço, a bola cahe pouco a diante dos pés; naõ obstante ter já recebido por algum tempo o movimento. Do mesmo modo no bilhar, se puzerem a bola atraz de

hum

hum obſtaculo fixo, e furado, de ſorte, que com a maſſa poſſamos tocar na bola, e impellila por eſpaço de 3 linhas, ſem a poder ſeguir com a maſſa por eſpaço maior, a bola receberá muito pouco movimento, ainda que a força ſeja grande. Na eſpingarda nimiamente curta, em que o fogo naõ tem tempo para ſeguir a bala, quanto póde, a bala vai frouxa. O elaſterio, que no principio da acçaõ impelle o movel, mas naõ o pode ſeguir, naõ lhe dá toda a velocidade que pode: do que tudo ſe collige, que toda a acçaõ, que communica movimento, obra com velocidade accelerada; e que todo o movel que o receber, recebe movimento accelerado.

Pela meſma razaõ todo o movimento, que ſe deſtróe, he por movimento retardado, aſſimilhandoſe o movimento que naſce, e ſe communica ao *pendulo que cahe*, e o movimento que ſe perde ou ſe deſtróe ao *pendulo que ſóbe*.

Daqui ſe tira huma conſequencia infalivel, que para ſe communi-

car

car ao movel o segundo gráo de velocidade, naõ basta na cauza o esforço, que basta para lhe communicar o primeiro: assim como ao movel caindo para adquirir o segundo gráo de velocidade, naõ bastou o correr espaço igual ao que correo adquirindo o primeiro. Do mesmo modo para communicar ao movel o terceiro gráo ainda he precizo hum esforço muito maior, que para lhe dar o segundo. Desorte que no móvel que cahe, se observa que para ter 2 gráos de velocidade, foi preciso ter forças capazes de levantar o grave por 4 espaços similhantes á quelle espaço, que subio com forças 1.

Em cada espaço, que o grave desce, adquire huma força para subir outro tanto; em 4 espaços adquire forças para subir 4 espaços; em 9 para subir 9 &c. Ora estes espaços, como saõ corridos por movimento accelerado, sempre saõ o quadrado da velocidade final; sendo isto huma consequencia necessaria do movimento accelerado, que os

es-

eſpaços correſpondem á aria do triangulo, e a velocidade final á baze delle. Sendo logo toda a acçaõ, com que ſe communica o movimento, accelerada, devemos dizer delle o meſmo, que todos dizem do grave que cahe.

Neſte ponto ultimo tenho ainda que allegar novas experiencias as quaes vos peço muito que queirais fazer; porque vos acabaráõ de convencer; porquanto na realidade me parece que convencem.

Experiencia.

PONhamos hum como eſquadro, ou ferro *A*, (*Fig.* 12.) em fórma de angulo hum pouco mais de recto, com hum furo no apíce, por onde poſſa adaptar-ſe a columna fixa; de maneira que com toda a liberdade ſe môva, abaixando huma parte do angulo, e levantando a outra: na parte horizontal *m* ponha-ſe hum fio em que ſe poſſaõ ſuſpender differentes pezos; e na outra parte *n* ſe ponha hum cordaõ, pelo qual ſe conſerve *n* chegado á columna, até Eſt. 5. fig. 12.

ſe

se largar o tal esquadro. Sobre *n* esteja levissimamente encostado o pendulo *E*, deforma que sacudido pelo angulo de ferro, possa hir mais, ou menos longe, medindo-se a velocidade na regoa horizontal *p q*.

Aqui temos hum modo de augmentar na proporçaõ, que quizermos, as forças da cauza impellente; suspendendo do fio *m* ora huma onça, ora 2, ora 4. Ponhamos pois huma onça, e vejamos até onde atira com o pendulo *E*. Depois ponhamos 2 onças; veremos, que naõ bastaõ para atirar com elle até huma distancia dobrada; mas que para isso será precizo carregar a perna *m* com 4 pezos similhantes ao primeiro. Isto assim succede; e he prova manifesta, que para dar ao movel o segundo gráo de velocidade, naõ basta duplicar o esforço que lhe deu o primeiro, mas que he precizo quadrupealo.

O mesmo succedará uzando de molas em lugar de pezos; porque para lançar o pendulo com velocidade dupla seráõ precizas quatro molas iguaes á primeira. §. XV.

§ XV.

Dos Argumentos que contra nós fazem os Adversarios.

TAnta gente boa, Amigo Eugenio, naõ pode teimar a seguir o modo de contar dos antigos, sem alguma razaõ apparente; eu vou expor-vos os maiores fundamentos que tem, e as respostas que lhe damos, para depois julgar-des por huma ou por outra parte.

Argumento I.

NA Balança Romana, conforme temos dito, vemos que massa 1 com velocidade 2, está em equilibrio com massa 2, e velocidade 1; ora o equilibrio pede forças iguaes de parte a parte: logo tanta força tem hum pêzo como o outro; mas pelo modo de contar de Leibnitz o pêzo grande tem massa 2 multiplicada por velocidade 1, cujo quadrado he 1, e vem a ter forças

2;

2; porém o pequeno tendo velocidade 2, o seu quadrado he 4, que multiplicado por massa 1 dá forças 4: e por conseguinte teriamos forças 4 equilibradas com forças 2. Este argumento parece forte; porém naõ he o que parece.

Nós devemos distinguir *forças mortas* de *forças vivas*; as mortas saõ a *pressaõ*, a qual a cada instante se destróe pela *pressaõ* contraria; e na balança só ha estas forças mortas, isto he sómente ha a pressaõ; estas naõ se medem pelo quadrado da velocidade, porque naõ saõ gerados pelo movimento accelerado que vos expliquei ha pouco. Quereis ver esta differença sensivelmente? ora reparai. Ponde hum pêzo suspenso de hum prego só por hum cordel; quer corteis o cordel em hum instante, quer em outro, sempre o pêzo hade ter a mesma força no principio da quéda; final de que a força que elle fazia n'um instante para cahir, ficou inteiramente destruida pela resistencia do prego. Porém cortado o cordel, se aparares

o pêzo na maõ ao primeiro tempo, darvos-ha hum pequeno golpe; se o aparares lá no quarto ou quinto tempo da queda, como já o seu movimento vem accelerado, vos dará hum golpe formidavel: vêdes a differença da pressaõ, ao movimento livre? a força da *pressaõ* nunca cresce com o tempo, a *força da quéda* sim.

Façamos huma experiencia: reparai nesta figura 13.

Façamos huma balança Romana, cujos braços sejaõ desiguaes, no comprimento e grossura: o braço da parte de *A* seja mais grosso, e o de *B* mais delgado, deforma que se equilibrem, naõ obstante ter *B* dobrada distancia do eixo como 2, e *A* como 1: pendurem-se de *A* e *B* dois pêzos na razaõ dupla, para ficarem equilibrados; e debaixo de *A*, e *B* se ponhaõ fixas nos braços da balança duas piramides cónicas *m*, *n* bem iguaes. Est. 5. fig. 13.

Na columna que sustenta a balança se faráõ duas aberturas em *E*, e mais *I*, onde possa entrar a caixa

da

da grêda *D*, voltada ora para huma, ora para outra parte, em ordem a que na grêda mole possaõ receber-se as piramides cónicas *m*, *n*, se cahirem os braços em que ellas estaõ fixas. Disposto assim tudo.

Em quanto a balança está com ambos os pêzos suspensos, está immovel, destruindo-se a cada instante mutuamente as *pressoens*, ou forças com que os pezos procuraõ o descer; e já se vê que pois estaõ em equilibrio saõ iguaes; e que em *A* a massa 2 multiplicada pela distancia ou velocidade 1 dá forças 2, e que em *B* massa 1 multiplicada pela distancia 2 dá forças 2: aqui naõ ha forças vivas, porque naõ ha movimento; ha pressaõ sómente, ou forças que a cada instante morrem.

Façamos agora passar estas forças mortas para forças vivas, e vejamos se saõ iguaes ou naõ. Ponhamos a caixa *D* em *E*, voltada para *A*, e cortemos com huma tizoira o fio que suspende o pezo 1; nesse momento cahirá o braço *A*, e a piramide *n* se encravará na grêda

da *D*, fazendo huma cóva igual ás forças com que desceo.

Tirada a caixa *D* do seu lugar *E*, se ponha em *I* voltada para o braço *B*, mas de sorte que a piramide *m* corresponda a outro lugar fóra da cavidade feita por *n*; ponhaõ-se ambos os pêzos na balança, e corte-se o fio que suspende o pêzo grande. Nesse ponto cahirá o braço *B*, e a piramide *m* fará outra cóva na grêda muito maior que a precedente. Sinal que as forças saõ maiores; porque já saõ forças vivas, e se devem medir por massa 1, multiplicada pelo quadrado da velocidade 2, que vem a dar 4.

Isto se confirma bem com o que vou a dizer, que he conforme a idea commum; se estiver huma vara como a da figura (*Fig.* 14.) em que a parte *m* tem dobrado pêzo do que *n*; e a parte *n* está em dobrada distancia do eixo; se a fizerem andar á roda violentamente puxando pela corda *E*, que se dezenvolve do seu eixo, todos quereraõ antes apanhar o golpe de *m* com dobrada massa, que Fig. 14.

o

o de *n* com dobrada velocidade. Logo as forças naõ saõ iguaes, ainda só consultando a idéa commum de todos.

Argumento II.

SE dobrando em hum movel a massa sómente, e noutro sómente a velocidade elles naõ ficaõ iguaes, segue-se que batendo-se mutuamente dois pendulos naõ elasticos, que tivessem esta proporçaõ nas massas e velocidades, hum venceria o outro: Ora isto he falso; porque sendo nesta proporçaõ ficaõ parados depois do choque. Logo antes delle as forças eraõ iguaes.

Para responder a esta difficuldade, convém que façamos attençaõ a varias coizas certas. I. Que nós achamos ambos os pendulos amaçados e complanados, e nestas móças he que se consumiraõ todas as forças de ambos; ora para se amaçarem he precizo que depois que se tocáraõ, ainda vaõ andando para diante os centros de ambos; isto

he

he inegavel. II. Que o movel mais veloz, naõ ſómente vai mais depreſſa do que o outro em quanto caminha pelo ar livre, mas tambem depois do primeiro contacto; por conſeguinte em quanto o movel vagarozo anda huma linha depois do contacto, o veloz deve andar 2; por conſeguinte, em quanto o movel tardo faz ſahir do ſeu lugar 10 particulas de materia, o veloz fará ſahir 20: logo em quanto o movel tardo perde forças 2, o veloz perderá forças 4; eiſaqui porque nenhum triunfa; porque no meſmo tempo perecem as forças de ambos.

III. Que as forças de hum movel ſe perdem naõ ſómente na móça que elle padece, mas na móça que faz no obſtaculo. Se hum pendulo eſtiver quieto, e o outro incorrer nelle, ambos ficaõ igualmente amaçados; ſinal de que o effeito das forças deve ſer igualmente em ambos, no movel e no obſtaculo: logo quando ha dois globos que incorrem mutuamente cada qual com

as

as suas forças se amaça a si, e ao contrario; donde se segue que o movel veloz tendo forças 4 perde forças 2 em se amaçar a si, e forças 2 em fazer móça no contrario; e do mesmo modo o movel tardo perde forças 2, huma em fazer móça em si, e a outra em fazer móça no veloz; ora o veloz faz a compressaõ como 4 naquelle mesmo tempo em que o tardo faz compressaõ como 2; por isso depois do conflicto naõ ha forças residuas para a victoria.

Argumento III.

POnhamos hum Navio com hum bilhar, mova-se o Navio com velocidade 2 para o Poente, e dêmos a huma bola velocidade 2 para a mesma parte, he certo que sahirá a bola com velocidade 4; no nosso modo de contar temos forças 16: ora naõ aparece quem dê estas forças; porque o jogador, ou a móla que se supponha obrar em lugar delle, naõ podia dar se naõ forças 4;

ten-

tendo velocidade 2, o Navio tambem naõ dava antes da acçaõ do elasterio se naõ forças 4 pela mesma razaõ; ora de duas cauzas que daõ forças 4, naõ pode nascer effeito 16; cahe logo o modo de contar de Leibnitz.

Este argumento Eugenio requer delicadeza no modo de ser tratado, para que a verdade naõ fique escondida. Ponhamos huma molla ou elasterio incurvado *A*, pronto para obrar com forças determinadas: vêde a figura 15. da Estampa 5. Se o soltarem entre dois obstaculos iguaes *m*, e *n*, dá a cada qual metade das suas forças, repartindo com elles á proporçaõ inversa das suas resistencias: porém se (*B*) o soltarem entre dois obstaculos desiguaes *m*, *D*, cujas massas saõ 1, e 3, dará ao obstaculo *m* trez vezes mais de força do que a *D*: supponhamos agora (*C*) que o soltaõ entre hum obstaculo immovel, e outro movel *m*; dará a *m* todas as suas forças. Est. 5. fig. 15.

Adiantemos o discurso (*D*): supponhamos que em quanto o sol-

taõ, a parte *p* he impellida para *m* com forças determinadas; o obstaculo *m* será impellido com as forças do elasterio que se soltou, e com as forças da cauza que o impellio; porquanto toda a força com que elle he impellido em *p*, deve aparecer em *m*.

Vamos agora contrahindo a doutrina geral ao cazo do Navio, supponhamos que a molla ou elasterio hia pregado na borda do bilhar, e que a sua força era 4: se o bilhar fosse levissimo, a molla ao soltarse impelleria a bolla para diante, e a borda algum tanto para traz, como succede no coice da espingarda; e a bola iria com forças menos do que 4; mas se a borda fosse fixa e segura ao Navio, todas as quatro forças do elasterio se communicariaõ á bola, isto he estando o Navio ancorado; e quanto maior fosse o Navio menos tremeria no coice do elasterio; assim como sucede ao despedir da bala na peça de artilharia, e maior força se communicaria á bola. Porém se ao despedir

da

da bola, ou ſoltar do elaſterio, o Navio andaſſe, toda eſſa força com que o elaſterio foſſe impelido ſe communicaria á bola.

Iſto ſuppoſto, vamos ao argumento: em lugar da acçaõ do homem que atira com a bola, ſupponhamos como diſſe a mola ou o elaſterio, cuja acçaõ he mais regular. O elaſterio pode dar velocidade 2, e a Náo tambem tem velocidade 2 juntando-ſe ambas as acçoens ſaõ 4 gráos de velocidade, o que dá forças 16, vamos a ver como ſe ajuſtaõ eſtas contas.

Em quanto o elaſterio ou mola ſe naõ ſoltou, a bola hia com o movimento da Náo, iſto he velocidade 2, forças 4; quando o elaſterio ſe ſoltou havia de impellir a bola para diante com velocidade 2, e forças 4, que com as outras fazem 8; ora eſta mola com o coice para traz havia de mover outra bola igual com igual velocidade 2, e forças 4; porém ſe eſta parte do elaſterio que quer recuar foſſe neſſe tempo impellida para diante com ve-

locidade contraria só igual á de recuar, ficaria immovel; porque velocidades iguaes e contrarias se destróem mutuamente; e nesse cazo, pelo que dissemos assima, toda essa força com que a parte que queria recuar he impellida para diante, se communica á bola; e ahi vaõ já mais forças 4 que com as outras 8 fazem 12. E notai, até aqui temos immovel a parte posterior do elasterio; porque por huma força havia de ir para traz, e por outra força igual devia ir para diante.

Porém isto naõ he assim. O vento que impelle a Náo, e a faz caminhar sempre com velocidade 2, quer na sua camera se solte o elasterio em contrario, quer naõ, faz que a perna posterior do elasterio, avance para diante com velocidade 2, e forças 4, que lá se vaõ communicar á bola; e juntas a 12 fazem 16 que he a nossa conta.

Todo o segredo que solta a difficuldade está nisto, em que a força do vento que se suppoem infinita, zomba de toda a força contra-

ri-

ria; e faz huma acçaõ que ſe deve reduzir a duas, huma que impelle a perna fixa do elaſterio ſó com força igual áquella com que ella quer recuar; ex vi da qual eſta parte do elaſterio fica quieta; outra ex vi da qual eſta meſma parte do elaſterio caminha para diante, como ſe nada houveſſe em contrario.

Lembrai-vos do que vos tenho dito, que para dar o primeiro gráo de velocidade baſta forças 1, para dar o ſegundo ſaõ precizas forças 3, e para o terceiro ſaõ precizas forças 7 &c. Ora ſe a força do Navio foſſe mui limitada, naõ poderia dar á bola o 3.°, e o 4.° gráo de velocidade quando o elaſterio ſe ſoltaſſe, e lhe deſſe o 1.° e o 2.°: Entaõ o Navio recuaria hum pouco para traz, como ſuccede a huma carreta em que ſe diſpára huma peça: he logo preciza força no vento para impellir o Navio de forma que naõ recue; eisaqui a primeira acçaõ com que lhe communica forças 4; pois outras tantas faria o elaſterio para recuar, ſe foſſe o

Na-

Navio igual á bola : estas forças se deviaõ descontar na acçaõ do vento se elle tivesse força limitada ; e depois de ter maõ no coice do elasterio naõ poderia ir para diante com a mesma velocidade com que dantes caminhava ; mas como a força do vento naõ tem limites (falo a respeito de obstaculos semelhantes) na segunda parte da acçaõ lhe dá forças 4 com que elle he levado para diante ; e deste modo vem o vento a dar forças 8 , e o elasterio 4 , que fazem 12 , que correspondem a o 3.° , e o 4.° grão de velocidade.

Advirto que cauzas semelhantes no vento , ou torrente de agua , cuja força naõ tem diminuiçaõ sensivel pela resistencia de qualquer obstaculo , se podem chamar infinitas ; e tem esta propriedade que a sua acçaõ tem mais força quando ha mais resistencia : v. g. huma torrente cuja velocidade he 5 , se lhe lanço huma barquinha de massa 1 , dalhe forças 25 ; se lhe lanço outra barquinha de massa 4 dalhe forças 100 ; se lhe lanço huma barquinha massa 10 dalhe for-

ças 250 ; porque tudo he arrebatado com velocidade 5 , e quanto maior he a maſſa , maiores forças recebe o movel , e por conſeguinte maiores forças tem a acçaõ da torrente ; o meſmo digo do vento. Logo no cazo do elaſterio no Navio , o vento achando maior reſiſtencia no coice do elaſterio do que antes , dá 12 forças , e antes ſó dava 4 ; pois dá tantas quantas recebe o movel impellido por elle.

Argumento IV.

SUpponhamos que damos a huma bola velocidade 3 por huma linha , e por outra linha , damos velocidade 4 ; mas que as direcçoens naõ fazem angulo recto , como já ſe figurou , ſenaõ hum angulo agudo : he certo que quanto mais agudo for o angulo mais comprida he a diagonal ; que ſempre hade ſer mais que 5 eſpaços ; por quanto para iſſo he precizo que os lados 3 , e 4 façaõ angulo recto.

As forças antes da compoſi-

çaõ do movimento eraõ 9, e 16, que fazem 25; mas se a diagonal for 6 ou 7, ou 8 seráõ as forças 36, ou 49, ou 64; eis-aqui hum erro formidavel de contas, que de duas potencias cujas forças saõ 25, saia hum effeito incerto, e sempre maior do que ellas pediaõ.

Este argumento tomara eu que o soltassem os nossos adversarios primeiro de que o puzessem contra Leibnitz; porque tambem naõ concorda com o seu modo de calcular; porque sempre a diagonal he menor que a soma dos dois lados do parallelogramo. Porém nós podemos responder bellamente valendonos da doutrina dada.

Est 6. fig. 1. Quando o angulo he agudo (*Est.* 6. *fig.* 1.) se deve resolver huma das direcçoens *a b* em duas direcçoens simples, *an*, *am* debaixo do angulo recto; porque sómente assim fica resolvido o movimento em duas direcçoens differentes, e sem mistura: em quanto o angulo he agudo, a direcçaõ *a b* tem muita parte do movimento que coincide com

a e;

a e; e por conſeguinte deve-ſe a linhá *a m* ajuntar a *a e*, e fazer hum novo parallelogramo de *a n* com *a i*, que dará a antiga diagonal *a d*, e neſſe cazo naõ aparecem na diagonal maiores forças do que nos lados.

Mas inſtaraõ que (ſeja como for) poſtas as duas potencias que obrem em angulo agudo ſempre aparece effeito maior qne a cauza. Reſpondo que ſe alguma das potencias parciaes for infinita, iſto he vento, ou corrente de agua; poderá o movel no fim do tempo determinado chegar ao fim da diagonal *a d*; porém ſe nenhuma potencia ſimples for infinita, naõ pode o movel no fim do tempo correſpondente a cada huhuma das determinaçoens ſimples chegar ao fim da diagonal. Perdoem os ſenhores Fiſicos ſe ſe eſcandalizarem diſſo; pois nem experiencia daráõ, nem calculo que o prove, ſenaõ quando for huma das potencias vento, ou agua, ou coiza ſemelhante de força ilimitada.

A razaõ deſta minha excepçaõ

da

da regra geral he porque vós sabeis, que a potencia que pode dar 2 gráos de velocidade ao movel que ainda naõ tem nenhum para aquella parte *e*, naõ lhos poderá accrescentar, se elle já tiver 4; porque dar os primeiros dois gráos de velocidade he dar 4 forças, e accrescenta-los a quem já tem 4, he dar 20 forças, para fazer com as 16 que havia 36, que correspondem á velocidade 6, soma da antiga 4, e da nova 2; ora potencia que só tem forças 4, naõ pode dar forças 20.

O mesmo digo se o angulo for obtuzo, mas a excepçaõ he em contrario, isto he que a diagonal se corre em menos tempo do que qualquer das direcçoens, porque (*Fig.* 2. *Est.* 6.) porque a direcçaõ *a e* em parte he contraria á direcçaõ *an*; e para a reduzir á *a o* como deve ser para seguir a diagonal *a m* deve-lhe tirar o 3.° e o 4.° gráo da velocidade, o que pede forças 12; ora a potencia da direcçaõ *a e* naõ tem se naõ forças 9; logo no tem-

Est. 6. fig. 2.

po

po das direcçoens particulares o movel paſſará além de *m*; por conſeguinte fará a diagonal *a m* em menos tempo do que ſeguiria as direcçoens particulares.

Perdoai Eugenio a dilatada carta que vos eſcrevi, mas eu julguei que naõ devia tratar á ligeira materia que querieis ſaber com mais fundamento.

Fim da décima Carta.

CAR-

CARTA XI.

Sobre as Leis do Choque e communicaçaõ de Forças.

ESta materia, Amigo Eugenio, vos hade dar grande luz para o conhecimento dos effeitos naturaes; e ao mesmo tempo me desculpareis de vos ter instruido tanto á ligeira no tempo das nossas Recreaçoens; porque se entaõ eu vos metesse em todas estas doutrinas, muito vos havieis de disgotar, e naõ tomarieis o gosto, que era preciso tomar nestas materias. Isto supposto, para discorrer com clareza, e solidez nesta materia, ponho primeiramente os principios seguintes.

Prin-

Principios, ou verdades evidentes á cêrca do obſtaculo fixo.

I. *QUando o obſtaculo he fixo, e o golpe perpendicular, todas as forças do movel ſe perdem nelle.*

II. *O effeito deſtas forças he a cóva, que fica feita no obſtaculo, ou no movel, ou a compreſſaõ, que talvez depois dezaparece pela elaſticidade; ou a raxa, e ſeparaçaõ de partes, feita num dos córpos que ſe batem.*

III. *Quando a linha do incurſo do movel he perpendicular, e o obſtaculo fixo, o movel obra com todas as ſuas forças.*

IV. Porém: *Quando a linha do incurſo he obliqua, o movel obra ſómente com as forças que correſpondem á linha perpendicular, depois que o movimento ſe reſolver em perpendicular, e parallelo.*

V. Neſte cazo *o movel continúa*

o movimento : porém mudando a linha , e diminuindo a velocidade, porque se descompoz o movimento, e se consumiraõ em parte as forças.

Postos estes principios á cerca dos obstaculos fixos , convém darvos outros á cerca dos obstaculos, que cedem, e saõ móveis.

Principios sobre os obstaculos, que cedem ao impulso.

I. *QUando o obstaculo cede, perecem algumas forças que se consumiraõ na cavidade , ou compressaõ* : mas , *perseveraõ tanto aquellas que o movel conserva em si ; como as que elle communicou ao obstaculo.*

A razaõ he: porque naõ ha acçaõ de hum corpo sobre outro, sem movimento das partes , em que se fez o contacto : estas começaõ a ceder , e introduzir-se para dentro, em quanto o restante do corpo pela sua inercia da quietaçaõ resiste ; e

pou-

pouco a pouco o obſtaculo total recebe o movimento, e cede o lugar total. Ora tanto as forças empregadas na cavidade e móça, que he viſivel nos naõ elaſticos, como na compreſſaõ que dá lugar ao elaſterio, ſe o corpo o tem; todas eſtas forças ſe conſumiraõ: Logo ſó podem ficar as forças, que o movel conſerva, ou o obſtaculo que recebeo, e tem no ſeu movimento.

II. *A ſomma das forças perdidas na compreſſaõ, e conſervadas depois do choque, deve ſer igual ás forças, que havia antes delle.* Porque do que havia antes do choque, tudo o que naõ pereceo, ſe conſerva: logo a ſomma das forças conſervadas e perdidas hade ſer igual ás que havia antes do choque.

III. *Quando a elaſticidade he perfeita, ſó dá na reſtituiçaõ forças iguaes ás que ſe perderaõ na compreſſaõ.* Por conſeguinte.

IV. *Naõ pode haver em cazo algum maior ſomma de forças depois do choque, do que havia d'antes.* Pois que naõ ha cauza, que as pro-

du-

duza de novo, sendo evidente, que o Elasterio sómente repára as que se perderaõ na compressaõ. Isto posto.

Lei I.

Para se conhecer a velocidade conservada depois do choque dos Córpos naõ elasticos.

PAra saber, que velocidade e que direcçaõ fica em cada hum movel depois do choque, devemos fazer as seguintes averiguaçoens.

I. *Se o movimento he só de hum corpo, ou de ambos, mas na mesma direcçaõ, e linha, deve-se fazer a soma de todo o movimento.*

II. *Se o movimento dos dois córpos, que chocaõ, he contrario deve-se descontar o fraco do forte, e fazer cazo sómente do que resta.*

III. *Este resto, ou aquella somma deve-se repartir pela massa toda, e o quociente que sahe na repartiçaõ, he a velocidade commua a ambos os córpos depois do choque.*

Ma-

Maquina para observar os effeitos desta Lei. (*Fig.* 3.)

FÓrmaõ-se duas barquinhas, em que se póde pôr maior, ou menor pêzo: numa vai huma caixinha de grêda mole *A*; e na outra huma piramide cónica de metal *B*, que se possa enterrar na grêda. Ambas se devem suspender por cordoens parallelos; para que em qualquer parte dos arcos que ellas descreverem, vaõ horizontaes, e huma possa seguir a outra Est. 6. fig. 3.

A regoa *M N* he toda graduada, e com certos ponteiros, que se metem em varios furos, se vê de que distancia se deixou cair a barquinha agente, e a que ponto chegáraõ ambas depois do choque. Disposta assim a Maquina, vamos aos effeitos seguintes.

Experiencia I.

SE o corpo movel incorre n'outro de igual massa, sempre lhe communica metade da velocidade; e se o movel partio de 10 polegadas, ambos vaõ para a parte contraria até polegadas 5.

Experiencia II.

SE o movel, que peza huma onça, incorre em outro quieto, que peza 3 onças, ambos vaõ com hum quarto de velocidade antiga; porque o movel leve naõ pode mover-se, sem que no outro se movaõ 3 onças; e cada qual hade ter a mesma velocidade do corpo pezado que vai cedendo, em quanto o corpo leve o persegue com outra tanta; e assim elle tendo 4 gráos de velocidade, hade dar a cada onça o seu; e só pode guardar hum gráo para si.

Experiencia III.

SE o movel *B* cahe com velocidade 4 ſobre o outro *A*, que vai na meſma direcçaõ com velocidade 2, depois do choque vaõ ambos com velocidade 3; porque ſendo a velocidade na meſma direcçaõ, faz huma ſomma de 6, a qual repartida por ambos igualmente, dá a cada hum 3.

Experiencia IV.

QUando hum movel *A* cahe com velocidade 2, e contra elle cahe *B* com velocidade 8, vaõ ambos com velocidade 3 para onde hia o movel forte. A razaõ he: porque *A* com a velocidade 2 deſtruhio em *B* dois gráos, e ficáraõ ſómente 6. Ora *A* quando deſtruhio 2 gráos em *B*, tambem na acçaõ perdeu os ſeus, e ficou quieto: e aſſim hade ſucceder o meſmo, que ſuccederia, ſe *B* com 6 gráos de velocidade incorreſſe em *A* quieto: ora entaõ iraõ ambos de companhia com velocidade 3.

Convém agora dar-vos a Lei para conhecer as forças deſtruhidas no choque dos naõ elaſticos.

Muitos Fiſicos, amigo Eugenio, naõ eſperaõ eſta Lei, porque ſe contentaõ com a primeira á cerca da velocidade conſervada, e communicada no choque; e vendo que antes delle, e depois ſe acha a meſma quantidade de movimento (excepto ſe há movimentos oppoſtos) daõ a doutrina por completa.

Mas quizera, que reparaſſem que ſempre há forças perdidas no choque. As forças que fizeraõ a cavidade na grêda, ou a móça no chumbo (ſe a experiencia ſe faz em bolas deſte metal) ſaõ forças, que neceſſariamente pereceraõ: he logo impoſſivel, que antes e depois do choque haja o meſmo numero de forças. Convém logo, que nos expliquem intelligivelmente, como ſe podem medir as forças do corpo pela quantidade do movimento, ſe havendo antes e depois do choque o meſmo movimento naõ pode haver a meſma quantidade de forças.

Mas

Mas isto confirma a doutrina das *Forças Vivas.*

Lei II.

Para conhecer as forças perdidas no choque.

As forças perdidas no choque saõ sempre as mesmas quando a velocidade respectiva he a mesma.

CHamamos velocidade respectiva á diminuiçaõ de distancia entre os córpos: velocidade 6 sobre 4 que foge, sómente val 2, porque sómente em 2 se chega: 6 contra 4 que vem vale 10, porque se chegaõ os moveis mutuamente por 10 gráos.

Exemplos. Se hum móvel com velocidade 4 incorre n'um obstaculo quieto, a velocidade respectiva he 4.

Se incorrer hum móvel com velocidade 6, sobre o obstaculo que lhe foge com velocidade 2, será tambem 4.

Mas se hum móvel com velocidade 3 occorrer a outro, que contra elle vem com velocidade 1, tambem será. 4.

Ex-

Experiencia.

EM todos estes 3 casos mostra a experiencia, que sempre se faz a mesma cavidade: logo perdem-se nelle as mesmas forças.

A razaõ he; porque o móvel só pode ter acçaõ sobre o obstaculo, quando se chega para elle: Ora esta aproximaçaõ he a mesma, quer seja 4 contra corpo quieto, quer seja 6 sobre 2 que foge, quer seja 3 contra 1 que vem. Logo quando a velocidade respectiva he a mesma, as forças perdidas saõ as mesmas. Mas he justo, que examinemos isto bem, segundo o calculo das Forças Vivas. Ponhamos sempre massas iguaes. No primeiro caso o móvel com velocidade 4 sobre o obstaculo quieto, da-lhe 2 gráos de velocidade, e conserva 2: Ora isto posto calculemos no sistema das Forças vivas.

An-

Antes do choque era velocidade 4; forças 16: depois do choque conſerva velocidade 2, forças 4: cõmunica velocidade 2, forças 4; perde na cavidade forças 8.

V.4. Forças 16.	
conſ. v. 2. f.	4.
com. v. 2. f.	4.
perdidas f.	8.
Som. f.	16.

No ſegundo cazo antes do choque no debil era velocidade 2, e forças 4: no forte era a velocidade 6, forças 36: Somavaõ as forças antes 40.

deb. v. 2, f.	4.
fort. v. 6, f.	36.
Som. ant. f.	40.

Depois do choque vaõ ambos com velocidade cõmum 4: o debil tem forças 16; o forte 16: na cavidade ſe perderaõ forças 8, ſoma tudo forças 40.

deb. v. 4. f.	16.
fort. v. 4. f.	16.
cav. perd. f.	8.
Som.	40.

No terceiro cazo o movel antes do choque tem velocidade 3, forças 9: o contrario vem com velocidade 1, forças 1: Somaõ as forças an-

antes do choque 10. Depois do choque vaõ os moveis com velocidade commum 1 porque dois gráos das antigas se destroẽ mutuamente; e os outros dois se repartem por ambas as massas igualmente. Assim fica em cada qual velocidade 1, e

Antes do choque.	
Mov. fort. v. 3. f.	9.
debil mov. v. 1. f.	1.
Soma	10.

Depois.	
Mov. deb. v. 1. f.	1.
mov. fort, v. 1. f.	1.
na cov. perd. f.	8.
Somaõ f.	10.

forças 1: na cavidade se perdem forças 8, como nos cazos precedentes. o que he precizo para haver a mesma cavidade, tudo soma forças 10.

Vêde Eugenio se pode haver couza mais justa, e mais coherente com a experiencia, e com a razaõ. Agora no modo de calcular dos Cartheſianos temos no primeiro caso antes do choque forças 4, depois em cada movel 2, que somaõ

4;

4; e a cóva aparece feita, ſem que força alguma ſe perdeſſe. No ſegundo cazo antes do choque havia num forças 6, n'outro 2; ſomaõ 8: depois do choque 4 em cada hum; ſomaõ 8, e a cóva ſe fez ſem que pereceſſe força alguma. No terceiro antes do choque forças 3 em hum, e forças 1 no outro: ſomaõ forças 4. Depois cada movel tem forças 1 ſomaõ 2; e faltaõ aqui duas forças: ſe diſſerem que mutuamente ſe deſtruiraõ, aparece outra vez a cóva feita ſem depender de forças: ſe quizerem que eſtas duas forças façaõ a cóva; temos huma incoherencia bem dura de ſupportar; porque nos outros dois cazos ſe fez ſem perda de forças, neſte neceſſitava dellas.

Obſervaçaõ I.

DO que fica dito, ſe collige: I. que ſendo o obſtaculo abſolutamente fixo, as forças perdidas ſaõ todas, quantas havia antes do choque.

II.

II. Que sendo as massas, e velocidades na razaõ reciproca, e em direcçaõ contraria, as forças perdidas saõ todas as que havia antes do choque.

III. Que sendo os córpos ambos móveis, e iguaes, e hum quieto, as forças perdidas saõ metade das que haviaõ antes do choque.

IV. Que (como adverte admiravelmente o Gravesande) força nunca destruhio força (couza, que muito tempo naõ entendi) porque, como vêdes, as forças só se destróem nas cavidades; e assim o que destróe as forças vivas, saõ os effeitos, em que ellas se empregaõ, que he fazer as compressoens, ou outras similhantes. Assim huma velocidode destróe a outra, porque o corpo naõ pode seguir ambas; mas huma força naõ lucta com outra força; mas ambas se empregaõ nas compressoens.

Prin-

Principios para julgar do movimento dos córpos elasticos depois do choque.

I. *O Elasterio perfeito dá na restituiçao dos córpos comprimidos, huma força igual á compressaõ.*

II. *Este elasterio das partes comprimidas, dilata-se entre os dois córpos, que chocáraõ.* Porque as partes comprimidas sempre saõ entre os córpos que se batem.

III. *Este elasterio, quanto he de si, obra para ambas as partes oppostas em ordem a dilatar-se.*

IV. *Se os dois córpos saõ igualmente pezados, ambos cedem igualmente á força da dilataçaõ do elasterio.*

V. *Se hum corpo he immovel, toda a força se exercita contra o outro que cede.*

VI. *Se ambos os córpos saõ moveis, mas desiguaes na massa, cedem mais os que pezaõ menos.* Desorte que a velocidade recebida

he

he na razaõ inversa das massas. Suppóstos estes principios, seguem-se estas Leis.

Leis para o movimento dos Córpos Elasticos.

PAra se saber que velocidade se achará em cada hum dos Córpos que chocáraõ, deve-se.

I.° Fazer conta á velocidade respectiva entre elles, para julgar por ella da força da compressaõ, e da restituiçaõ.

II.° Repartir esta velocidade pelos dois córpos moveis, na razaõ inversa das suas massas.

III.° Juntar a esta velocidade que deu o elasterio, a que o corpo teria no choque (cazo que naõ fossem elasticos) e se as duas velocidades saõ concordes, fazer a soma; se saõ contrarias, sustrair da maior a menor, para ter o resto; e entaõ se conhecerá a velocidade, e direcçaõ desse corpo.

Ef-

Effeitos, ou Experiencias.

I. SE huma bola de marfim bate em outra igual quieta, troca com ella o ſeu eſtado; iſto he; da-lhe toda a ſua velocidade, e fica parada (*Fig.* 4.). Eſt. 6. fig. 4.

A razaõ he; porque ſe *A* com velocidade 4, incorre em *B* quieto, naõ ſendo elaſticos, da-lhe 2 gráos de velocidade, e conſerva dois. Mas o elaſterio que correſponde á velocidade 4, dilata-ſe entre as duas bolas, e dá a cada qual velocidade 2: a bola *B* recebe dois gráos de velocidade para diante, tendo já no choque recebido 2; e parte logo para diante com 4 gráos de velocidade: porém *A* recebe do elaſterio velocidade 2 para traz; e como conſervava da velocidade antiga 2 gráos de velocidade para diante, huns deſtróem os outros, e fica parado, como experimentaõ todos os jogadores do Bilhar.

Ef-

Effeito II.

Est. 6. fig. 5. SE com huma bola ferirmos huma serie de outras similhantes (*Fig.* 5.) todas pararáõ, e a ultima sahirá com a mesma velocidade da que incorreo.

A razaõ he: porque pela experiencia passada *A* deve communicar a *B* toda a sua velocidade, e parar: *B* naõ pode mover-se sem incorrer em *C*: dá-lhe toda a sua velocidade, e pára: do mesmo modo succede ás demais; e quando se dá a velocidade á ultima *F*, parte livremente com a mesma velocidade, que lhe communicáraõ.

Effeito III.

SE com duas bolas elasticas atirarmos a huma serie de outras similhantes, todas pararáõ, excepto as ultimas duas, as quaes sahiráõ com a mesma velocidade, que Fig. 6. as primeiras incorreraõ. (*Fig.* 6.)

A razaõ he; porque pelo que fi-

fica dito immediatamente, que *B* incorrendo na ſerie, dá á ultima bola a ſua velocidade, e pára: ora *A*, que vai atraz de *B*, tanto que *B* parar, incorre nelle; e por conſeguinde lhe communica toda a ſua velocidade e *B* a *C*, e ſucceſſivamente até *E*. Eſta bola naõ pode communicar a velocidade a *F*, porque *F* já vai em movimento igual communicado pelo primeiro incurſo; e he certo, que quando duas bolas vaõ com a meſma velocidade, naõ pode a poſterior ter acçaõ alguma na de diante: aſſim vaõ as duas ultimas bolas *E*, *F* com a meſma velocidade, com que incorreraõ as primeiras duas.

Effeito IV.

SE 3 ou 4 bolas incorrerem em huma, ſahiráõ em movimento tantas, quantas incorreraõ. (*Fig.* 7.). Eſt. 6. fig. 7.

A razaõ ſe tira do que fica dito: cada bola communica o ſeu movimento á ſeguinte, e pára; ſe depois vem outra que lhe faz o meſmo, vai em movimento, e quem

lho

lho deu, parou assim incorrendo 4 em huma, *D* communica a sua velocidade a *E*, *C* a *D*, *B* a *C*, *A* a *B*; e parou, porque naõ teve depois quem lhe desse o movimento, e todas as de mais foraõ andando.

Effeito V.

DE qualquer modo, que as bolas elasticas estivessem dispostas antes do golpe, ficaráõ excepto
Est. 6. a primeira, se ella for a que incor-
fig. 8. re (*Fig.* 8.).

A razaõ he: porque cada qual troca o estado, e lugar com a vizinha, como soldados, que vaõ trocando os lugares das sentinelas, e ficaõ os lugares sempre occupados na mesma ordem em que estavaõ.

Effeito VI.

SE huma bola de massa 1 incorrer com velocidade 4 n'outra bola maior de massa 3, a grande irá com velocidade 2, e a pequena vai para traz com velocidade 2.

A razaõ he: porque naõ ſendo elaſticos, a velocidade 4 ſe devia repartir por maſſa 1 e 3, e cabia hum gráo a cada maſſa: indo deſte modo os dois córpos juntos com velocidade 1.

Porém o elaſterio tem forças 4, o qual ſe dilata entre os dois moveis, e lhes dá movimentos oppoſtos, para os ſeparar ambos: Iſto he: ao pequeno hade dar velocidade para traz, ao grande para diante: vamos agora a ver, que velocidade dá a cada hnm o elaſterio: como os moveis reſiſtem deſigualmente, o pequeno, que he trez vezes mais leve que o grande, deve ceder 3 vezes mais: aſſim o grande *A* deve receber do elaſterio hum gráo de velocidade; o qual junto com o outro que já tinha, fazem dois; e o pequeno *B* deve receber 3: porém como tinha hum em contrario, que conſervava depois do choque, deſtem-ſe os dois gráos oppoſtos, e ficaõ livres os dois gráos de velocidade para traz.

Pelo meſmo modo ſe vê, que

se hum movel incorrer em outro 9 vezes maior e parado, com velocidade 10, o grande hirá para diante com a velocidade 2, e o pequeno para traz com velocidade 8.

A razaõ he: porque naõ sendo elasticos, a velocidade 10 se deve repartir por toda a massa, que he 9 e mais 1: assim vaõ ambos com velocidade commua 1; o elasterio val 10, porque tanta foi a velocidade respectiva que fez a compressaõ: esta dá velocidade 10, mas desigualmente, conforme a facilidade maior, ou menor com que os dois obstaculos lhe cederem: ao pequeno dá 9, ao grande 1: fica logo o grande com dois gráos de velocidade. O pequeno teria 9 para traz; porém como devemos descontar hum gráo, que tinha para diante, fica com 8 gráos para traz.

Peço-vos agora, amigo Eugenio, que façais huma reflexaõ, que merece attençaõ. Nestes dois cazos, e em todos os de mais similhantes, depois do choque, ha muito maior quantidade de movimento do que

an-

antes : porque neſte cazo antes do choque há ſómente 10 ; e depois no grande ha velocidade 2 multiplicada por maſſa 9 , que val 18 ; e no pequeno ha velocidade 8 multiplicada por maſſa 1 que val 8 : ora 18 com 8 ſaõ 26. Parece coiza bem eſtranha , que naõ havendo no mundo antes do choque , ſenaõ 10 gráos de movimento , depois appareçaõ 26 , ſem que haja mais cauza motiva : porque o elaſterio ſó reſtitue o que ſe perdeo. O meſmo á proporçaõ ſuccede no cazo precedente. Ora he bem de admirar , amigo Eugenio , que muitos Fiſicos vejaõ iſto , e ſe naõ embaraſſem , e com todo o deſafogo vejaõ as experiencias : elles meſmos daõ as Leis , e tragaõ eſte abſurdo , que do movimento menor ſaia maior ; e que o choque (mais capaz de impedir ou diminuir o movimento que de o augmentar) ſeja quem o augmenta muito mais de dobrado , fazendo ſahir do movimento 10 , movimento 26.

Vós me direis : e como have-

mos de sahir desta difficuldade? Respondo, que contando as forças como Leibnitz, pelo quadrado da velocidade multiplicado pela massa; porque entaõ tudo fica naturalissimo. Antes do choque ha massa 1, velocidade 10, quadrado 100, forças 100. Depois do choque ha no corpo grande velocidade 2, quadrado 4, massa 9, forças 36: no corpo pequeno velocidade 8, quadrado 64, massa 1, forças 64. Assim as forças depois do choque saõ no grande 36, no pequeno 64, que somaõ 100, as mesmas, que antes do choque; porque o elasterio perfeito restituhio as que se haviaõ perdido na compressaõ. Donde se tira huma consequencia infalivel, que naõ he o mesmo, forças do corpo em movimento, que quantidade do movimento. O movimento pode crescer pelo choque, mas he quando as forças, sendo as mesmas, o podem produzir. O que deve ser attendido, saõ as forças, porque ellas saõ as que obraõ. Se as disposiçoens saõ taes, que as mesmas forças podem estar

com

com movimento maior, crescerá; quando as circunstancias forem taes, que as forças naõ possaõ produzir senaõ movimento igual, com elle nos devemos contentar.

Effeito VII.

INcorre hum globo de massa 2 velocidade 3 n'outro parado de massa 1: sendo elasticos, o pequeno hirá para diante com velocidade 4: o grande atraz delle com velocidade 1. (*Fig.* 10.) Porque naõ sendo elasticos, o movimento 6 que havia, se devia repartir por massa 2 e mais 1, e ficava a velocidade commum 2: porém o elasterio val 3 (sendo sempre a velocidade respectiva), dá dois gráos de velocidade ao pequeno para diante, e parte logo com 4; e ao grande dá 1 para traz; o qual gráo descontando-se de 2 que tinha para diante, fica 1. Est. 6. fig. 10.

Ef-

Effeito VIII.

SE hum corpo elastico incorrer com 6 gráos de velocidade n'outro, que lhe foge com velocidade 4, continuará a mover-se com as velocidades trocadas (*Fig.* 11.).

Est. 6. fig. 11.

A razaõ he ; porque naõ sendo elasticos, a quantidade do movimento 6, e mais 4 que val 10, se devia repartir igualmente por ambos : e hiriaõ com velocidade cõmum 5. Ora sendo a velocidade respectiva 2, o elasterio só he capaz de dar dois gráos de velocidade ; hum a *B* para diante, e fica com 6 ; o outro a *A* para traz, o qual diminuindo de 5 fica em 4.

Effeito IX.

SE hum movel elastico com velocidade 6 incorre n'outro contrario com velocidade 4, voltaráõ ambos para traz com as velocidades trocadas. (*Fig.* 12.)

Est. 6. fig. 12.

A razaõ he ; porque naõ sendo

do elaſticos, deſtruindo-ſe de parte a parte 4 gráos de velocidade, ficariaõ em *A* dois para repartir igualmente por ambos: aſſim ficaría a velocidade commua 1 para diante: porém ſendo elaſticos, como há velocidade reſpectiva 10, o elaſterio dá 5 a cada hum; a *B* 5 para diante, o qual já tinha 1, e fica com 6 para diante: ao globo *A* dará 5 para traz, dos quaes ſe deve deſcontar 1 para diante, e ficaõ 4 para traz; o que feito, ficaõ ambos com as velocidades trocadas: do que ſe tira eſta regra geral.

Lei e Concluzaõ Geral.

QUando os córpos ſaõ elaſticos, e iguaes em maſſa, depois do choque, ficaõ com os eſtados trocados.

Iſto he: Se o choque he de corpo movel com quieto, fica quieto o que incorre, e dá ao outro a ſua velocidade. Se ambos hiaõ para a meſma parte, continuaõ trocando

as

as velocidades (*Effeito* 8.). Se hiaõ para partes contrarias , voltaõ cada qual para traz reflectindo, mas com as velocidades trocadas. (*Effeito* 9.)

Eis-aqui em suma, Amigo Eugenio , as principaes Leis do choque em que se admira a pasmoza coherencia da Natureza ; e ao mesmo tempo se observa a exactissima economía das forças motrizes , comunicadas, ou conservadas, ou destruidas, seguindo o calculo de Leibnitz ; o que naõ sei como se possa dizer no outro modo de calcular dos antigos.

Fim da Carta undécima.

CAR-

CARTA XII.

Sobre as Forças Centrifugas.

ESTimo, amigo Eugenio, essa vossa, que chamais importunaçaõ, porque me faz ver, que dezejais instruhir-vos com fundamento; e naõ vos contentais com huma superficial instrucçaõ, dada mais com o fim de recrear o paladar do entendimento, do que de lhe dar forças solidas para o fazer capaz de caminhar pelo vasto, e ás vezes dificil caminho do conhecimento da Natureza. Agora vós sois similhante aos que tendo de fazer jornada, naõ se contentaõ com biscoutinhos e doces, mas querem mantimento mais solido, ainda que menos proprio a deleitar o paladar. Isto supposto, ainda que tratando de Astronomía, vos disse muito a cerca das forças centraes, isto he, de buscar, e fugir do centro, com tudo ha muito mais que dizer; e será milhor tratar esta materia de pro-

po-

pósito, sendo já dita sómente de passagem.

PROPOSIÇAÕ I.

Todo o corpo que se move em curva, faz força para fugir do centro.

A Razaõ he: porque *todo o corpo em virtude da sua Inertia forceja a conservar-se no estado em que se acha*: por conseguinte: quando se move por huma linha, custa-lhe a mudar de caminho; e se naõ puxaõ por elle para o lado, vai direito, seguindo a linha, por onde caminhava. Nisto concordais facilmente. Tambem concordareis em que *toda a linha curva he huma multidaõ de linhas rectas, extremamente pequenas, que se inclinaõ humas depois das outras*; e quanto maior he esta inclinaçaõ, maior he a curvatura da linha total. Daqui se tira por consequencia, que *todo o corpo em movimento forceja a hir por linha recta*; porque sómente esta he a mes-

mesma linha, em que ultimamente vinha; tudo o que he encurvar, he entortar, e mudar de caminho.

Ora esta linha recta, que sahe da curva espontaneamente, se chama *Tangente*, porque toca a curva sem a cortar, ainda que se prolongue, já de huma, já de outra parte. Isto supposto a fraze commum, ou Mecanica he esta. *Todo o corpo em movimento, ainda que obrigado siga alguma curva, se o deixaõ livre, foge pela Tangente* (*Fig.* 13.) Fig. 13.
Ora o corpo naõ pode seguir a Tangente, sem se afastar do centro: logo por ultima concluzaõ temos que,

Todo o corpo, que se move em linha curva, faz força para fugir do centro.

Experiencia I.

PRovêmos isto por experiencias: metamos a pedra na funda, e demos-lhe algumas voltas, para ganhar força: se depois, ou de proposito, ou por accazo escapou da funda, sahe por huma linha recta,

por-

porque cessou a cauza que a incurva a cada momento, que era a corda da funda.

Experiencia II.

ATemos hum cópo cheio de agoa, defórma, que á maneira de turibulo possamos suspendelo por cordoens; demos-lhe com geito movimento circular, como na funda: a agoa se conserva no cópo, e contém de modo, que naõ cahe pinga; ainda quando o cópo vai com o fundo para sima: e a razaõ he; porque a agoa movendo-se em circulo, hade fugir do centro, que he a maõ: logo hade forcejar sempre a unir-se com o fundo do cópo; e assim naõ pode cahir.

Experiencia III.

SUspendamos huma bola, v. g. huma laranja, ou coiza similhante por hum cordaõ, e dêmos-lhe movimento horizontal, mas á roda em circulo: quanto maior ve-

lo-

locidade lhe quizermos dar, mais ſe afaſta para os lados, fazendo hum circulo maior (*Fig.* 14.) ainda que Fig. 14.
iſto lhe cuſte o levantar-ſe mais para ſima.

Experiencia IV.

QUando os rapazes lançaõ areia ſobre hum piaõ, que eſtá bailando, logo a areia eſpirra, e ſalta para fóra, fugindo do centro do piaõ.

Experiencia V.

QUando algum anda á roda ſobre ſi meſmo, como fazem os rapazes, para ſe fazerem tontos, logo os braços naturalmente ſe afaſtaõ do corpo, e os veſtidos talares tambem.

Experiencia VI. e VII.

QUando os cavalos andaõ na picaría sustentados pela guia, fazem muita força puxando pela maõ do picador, ainda que naõ queiraõ, pela força centrifuga.

Ponhamos duas bolas enfiadas n'um arame bem estendido na
Est. 6. regoa (*Fig.* 15.) tanto que a re-
fig. 15. goa andar á roda sobre o eixo por meio de huma corda que trabalhe na roldana *m n*, logo as duas bolas vaõ bater, cada qual na sua extremidade da regoa, fugindo ambas do centro.

Logo. *Todo o corpo que se move em curva faz força para fugir do centro.*

PROPOSIÇAÕ II.

A Força centrifuga segue a massa do corpo.

ISto he: na mesma proporçaõ; em que a massa do corpo augmenta, ou diminue; deve augmentar,

tar, ou diminuir a força que ella faz, para fugir do centro.

A razaõ he: porque se esta força he propriedade da materia em movimento, quanto mais materia houver em hum corpo, mais força hade haver. Assim o vemos nas experiencias seguintes.

Experiencia I.

PONhamos huma regoa, e nella hum fio de lataõ bem tezo (*Fig.* 16.) enfiemos duas bolas de marfim, huma grande, e outra mais pequena, ambas em igual distancia do centro, á roda do qual hade girar a regoa; atemos huma bola á outra com hum fio de seda frouxo, que as deixe na distancia competente, tanto que a regoa andar á roda sobre o seu eixo, as bolas ambas faraõ força para se afastarem do centro: porém como huma he mais pezada que a outra, e estaõ atadas, a grande leva consigo a pequena. Est. 6. fig. 16.

Experiencia II.

Fig. 17. PONhamos outra regoa com dois canudos inclinados (*Fig.* 17.) em hum canudo ponhamos metade de agoa, metade de azougue; em outro ponhamos agua, e huma bola de chumbo coberta ligeiramente de cera. Em quanto estiver a regoa descançada, o azougue, e o chumbo haõ-de estar em baixo, e junto do centro: tanto porém que a regoa andar á roda, o azougue, e mais o chumbo se afastaráõ do centro, ainda que subaõ para sima. A razaõ he: como o azougue está no mesmo canudo com a agua, combatem estes dois liquidos, sobre qual hade fugir mais do centro: como o azougue he mais pezado, tem maior força centrifuga, e foge, ainda que para isso seja precizo subir mais; e por esta cauza sóbe para sima, e bota para baixo a agua. Da mesma fórma o chumbo metido na agua tem mais força do que ella para fugir do centro, por ter maior pezo,

e vai

e vai occupar o lugar mais diſtante, ainda que ſeja o mais alto.

Se puzermos n'um canudo ar, e agua; ou oleo de tormentina, e agua; ou agua, e cortiça, ſempre veremos, que andando a regoa á roda, os córpos mais pezados ſaõ os que ſe afaſtaõ mais do centro, ainda que para iſſo lhes ſeja precizo o ſubir mais alto.

Preparaçaõ.

PONhamos huma regoa (*Fig.* 18.) no meio della levantemos hum arco, como nos bocaes de hum poço, com ſua roldana em ſima, mas deſorte, que o fio que deſce deſſa roldana, hade cahir a prumo ſobre o centro da regoa: eſte fio vai atar numa chapa de lataõ *E*, a qual deve ſubir perpendicularmente, e tem huma haſtea no meio com ſeu vinco em ſima, onde prende o fio que vem de ſima: neſta tal haſtea entraõ varios pêzos de chumbo, como *A*, que tem todos hum pezo igual: as duas azas furadas, que tem a cha- Eſt. 6. fig. 18.

pa *E*, saõ para enfiar nos dois ferros que vaõ a prumo para formar o arco, em ordem a que a chapa *E*, que deve subir, e baixar perpendicularmente, suba sempre direita, e naõ tenha outro movimento.

Em baixo, n'uma metade da regoa haõde haver dois arames bem tezos, horizontaes, pelos quaes se mova horizontalmente outra chapa *O O*; e deve ter quatro azas voltadas para baixo para enfiar pelos dois arames, em ordem a que ande sujeita sem inclinar para hum lado, ou para o outro; e nesta chapa tambem se devem pôr pêzos, ora mais, ora menos, conforme for precizo.

Para impedir, que esta chapa *O* depois de ter fugido para a extremidade da regoa, torne para o centro, se poem huma lingueta livre de huma parte, a qual cahe sobre os dentes de huma como serra que está por baixo da chapa *O* ao longo da regoa: como os dentes da serra, estaõ voltados para a extremidade da regoa, quando a chapa *O* foge para a extremidade, a lingueta que

vai

vai atraz, corre dependurada por ſima da ſerra facilmente; mas ſe a chapa *O* quizer tornar para traz, a lingueta o impede, emperrando nos dentes da ſerra, e a chapa fica immovel.

Só falta atar hum fio, ou cordaõ na chapa *O*, e paſſado pela roldana *m*, que eſtá no fim da ſerra, e depois pela outra roldana ſuperior *n*, e vir ata-lo na haſtea da chapa *E*, onde já eſtaráõ enfiados os pêzos que convier. Iſto poſto, enfiaõſe na chapa *O* os pêzos que forem precizos; e quando eſta chapa fugir para a extremidade, a chapa *E* hade ſubir para ſima, e como ella vai carregada com pêzos, vê-ſe quanta he a força que os córpos poſtos em *O* fazem para fugir do centro.

Deſtas regoas ſe fazem duas inteiramente ſimilhantes, e ſe poem em huma meza, de fórma, que ſe poſſa com roldanas dar a ambas movimento a hum meſmo tempo. Iſto poſto.

Se puzermos em huma regoa na chapa horizontal *O* hum pêzo

duplo, do que pozermos na outra; e em iguaes distancias, poderemos tambem pôr na chapa perpendicular *E* pêzo dobrado do que puzermos na outra regoa. Por este modo se verá, que a força dos córpos que fogem do centro, cresce exactamente á proporçaõ do seu pêzo: Ora isto he o que succede na

Experiencia III.

QUando os córpos que se poem na chapa horizontal *O*, tem pêzo duplo, e a distancia he a mesma, a velocidade a mesma, tem força dupla para fugir do centro; e por isso podemos levantar pêzo duplo na chapa perpendicular *E*; o que se conhece agitando a maquina até que se sinta o movimento dos pêzos; porque a hum mesmo tempo sobem em ambos as regoas.

PRO-

PROPOSIÇAÕ III.

NOs córpos iguaes na maſſa, ou pêzo, creſce a força centrifuga á proporçaõ da diſtancia do centro, em que eſtaõ poſtos.

Experiencia I.

POnhamos duas bolas de marfim enfiadas na regoa que tem o arame tezo, ſejaõ iguaes no pêzo, e eſtejaõ atadas com alguma diſtancia entre ſi: a differença ſeja ſómente na diſtancia que tiverem do centro. Quando a regoa andar á roda, ſempre a que eſtiver mais diſtante, ha-de levar com ſigo a menos diſtante.

Experiencia II.

PAra provar, que naõ ſómente a diſtancia faz creſcer a força centrifuga, mas que a faz creſcer na meſma proporçaõ que ella creſce, ſe poem nas regoas dois pêzos, iguaes enfiados nas chapas *O O*,

que

que correm horizontalmente ; só com a differença, que hum se porá em distancia de 3 polegadas do centro da regoa ; e o outro em distancia 6. Se neste cazo o mais distante levantar duas onças na chapa perpendicular *E*, em quanto o companheiro menos distante sómente levanta huma, está provado, que a força centrifuga cresce á proporçaõ da distancia. Ora isto he o que se vê na maquina, porque a hum tempo sóbem os pêzos, dando-lhes a ambos a mesma velocidade.

Experiencia III.

QUando na regoa do fio estendido se poem duas bolas de marfim de pêzo duplo, e se ataõ com o seu fio na fórma sabída, e se poem de tal modo, que fiquem os pêzos compensados com as distancias ; isto he, o mais pequeno em distancia dupla do grande ; bem pode a maquina andar quanto quizer, que os pêzos ficaõ immoveis, e nenhum tem força para le-

levar com ſigo o outro. Pois hum excede tanto na força que lhe vem pela meſma maſſa, como o outro no que lhe vem pela diſtancia, como vemos na experiencia.

Experiencia IV.

SEndo as bolas iguaes em pêzo, ou maſſa, e na meſma diſtancia, e eſtando atados na fórma que diſſemos, nunca ſe movem dos ſeus lugares porque as forças ſendo iguaes pela maſſa, e iguaes pela diſtancia, naõ ſe podem differençar; e aſſim nenhuma vence.

Advertencia.

POdería alguem querer (ſuppoſto o que diſſemos das forças vivas), que a força centrifuga creſceſſe naõ ſó conforme a diſtancia, nas conforme o quadrado das diſtancias; porque he certo, que ſegundo a diſtancia creſce a velocidade, a qual augmenta as forças ſegundo o ſeu quadrado; mas pede-ſe

hum pouco de paciencia, e dar-se-ha resposta cabal á sua duvida depois da Proposiçaõ seguinte.

PROPOSIÇAÕ IV.

SEndo as massas iguaes, e as distancias iguaes cresce a força centrifuga conforme o quadrado da velocidade.

Experiencia I.

PAra dar velocidade differente aos córpos que giraõ, e estar certo da sua proporçaõ, por debaixo das regoas dos pêzos, e no centro de cada hum delles pomos duas roldanas concentricas, cujos diametros sejaõ hum duplo do outro. Isto posto passasse a corda que dá o movimento ás duas regoas, n'uma pela roldana grande, e n'outra pela pequena: por este meio em quanto a roldana grande dá huma volta, a pequena dá duas; e com isto já os pêzos que estaõ em igual distanca tem velocidade dupla.

Pa-

Para ver ſe com effeito no corpo que hade andar mais veloz, a força centrifuga creſceo ſegundo o quadrado da velocidade, poremos na chapa perpendicular *E* quatro onças, tendo poſto na regoa correſpondente ſómente huma onça. Demos movimento á maquina: obſervaremos, que quando o corpo vagarozo levanta huma onça, o veloz levanta quatro, que he juſtamente o quadrado da velocidade dupla.

Advirta-ſe, que para que as velocidades ſejaõ exactamente como 1 a 2, convém attender á groſſura da corda, que paſſa pelas roldanas; porque os diametros devem-ſe tomar do centro da corda ao centro da roda. Praticamente ſe ajuſta bem a maquina engroſſando o diametro, ora de huma roldana, ora de outra com linhas groſſas, ou talvez algumas voltas de barbante.

Razaõ.

A Razaõ desta experiencia he; porque as forças do corpo em movimento já vos disse, que eraõ na razaõ do quadrado da velocidade, sendo tudo o mais igual. Ora as forças centrifugas saõ forças do corpo em movimento, e por isso seguem essa razaõ. Advirto, que commummente os Mathematicos daõ esta mesma Lei por outros termos, regulando-se pelo tempo periodico, dizendo que *a força centrifuga cresce na razaõ inversa do quadrado do tempo periodico.* Tudo vem a dizer o mesmo; porque quanto maior he a velocidade, menor he o tempo; logo o mesmo he attender a razaõ directa do quadrado da velocidade, que á inversa do quadrado do tempo periodico. Eu prefiro o modo, com que me expliquei por mais claro: cada qual explique-se como quizer.

PRO-

PROPOSIÇAÕ V.

SEndo a maſſa a meſma, a velocidade igual, a força centrifuga diminue na razaõ em que a diſtancia creſce.

Eſta propoſiçaõ talvez eſcandalizará a quem naõ reparar nos termos della, achando-a contradictoria á propoſiçaõ terceira, na qual diſſemos, que creſcia a força centrifuga á proporçaõ, que a diſtancia creſcia, e aqui dizemos que diminue quando a diſtancia creſce.

Mas advirta-ſe, que na terceira Propoſiçaõ naõ ſe diſſe, que havia de ſer a meſma velocidade, que he o que ſe declara agora. Iſto poſto, demonſtra-ſe a Propoſiçaõ pela experiencia, e depois pelo calculo.

Experiencia.

POnhamos na maquina das regoas dois pêzos, ambos nas regoas *A* e *B*: na regoa *A* ponhamos o movel em diſtancia de ſeis polega-

gadas ; e na regoa *B* ponhamos o movel em distancia de 3 polegadas : se lhe fizermos dar volta no mesmo tempo , he certo que em *A* o movel tem velocidade dupla , pois a volta , ou circunferencia he dupla. Ora supponhamos , que na regoa *B* passamos a corda , que lhe dá movimento pela roldana pequena , que assima dissemos , em ordem a que em quanto a regoa *A* faz huma volta , a regoa *B* faça duas : neste cazo já o movel em distancia de 3 polegadas , vem a ter velocidade igual ao movel na regoa *A* ; porque em quanto o movel de *A* faz huma volta grande , em *B* faz duas pequenas , que fazem tanto espaço , como huma grande. Isto posto temos aqui o cazo da Proposiçaõ ; massa igual , velocidade igual , mas distancia desigual : Vejamos pois as forças nos pêzos que se levantaõ.

Conforme ao que vemos , e já dissemos , na regoa *A* o movel levanta duas onças , e em B levanta 4 : de fórma , que onde a distancia he dupla , a força centrifuga só he

me-

metade : logo , *quando a maſſa , e velocidade ſaõ iguaes , a força centrifuga diminue na meſma razaõ em que a diſtancia creſce*; que he o que diziamos.

Razaõ.

FAlta dar a razaõ , porque aſſim deve ſer. O effeito da força centrifuga eſtá na fugida, ou maior diſtancia do centro , deſorte que a ſeparaçaõ da tangente , e da circunferencia (*Fig.* 19.) he a medida da força centrifuga. Se o movel ſempre ſeguiſſe a circunferencia , naõ ſe afaſtava mais do centro , do que eſtava ao principio do movimento ; e por iſſo ſómente ſe afaſta em quanto a tangente , por onde elle vai , ou quer hir , ſe afaſta da circunferencia , onde o querem reter , ou talvez de facto retem. Iſto poſto eſte angulo mixto da tangente com a circunferencia , he a medida da força centrifuga. Eſt. 6. fig. 19.

Ponhamos agora dois circulos (*Fig.* 20.) com hum ponto com- Fig. 20.

mum

mum de contacto, e huma tangente: o angulo da tangente com o circulo pequeno he maior, do que o angulo da tangente com o circulo grande. De fórma, que se o movel quizer hir pela tangente, será muito mais difficil o faze-lo vir pelo circulo pequeno, do que pelo grande. A simples razaõ está persuadindo, que quanto mais se encurva huma linha, mais se afasta da recta; e que quanto menor he o circulo, mais se deve incurvar a linha para formar a sua circunferencia; e por conseguinte maior he a força *Centripeta* do agente, que o obriga a dobrar; e maior a força *Centrifuga* que o movel faz para escapar pela tangente.

Vejamos agora se exactamente cresce este angulo mixto na mesma razaõ que diminue o diametro; porque se assim for o movel, na regoa *B* em distancia de 3 polegadas, fazendo hum circulo metade do circulo que faz o movel em *A* em distancia de 6, terá huma força dupla, ainda sendo a velocidade e massa

igual:

igual: e aſſim poderá levantar 4 onças em quanto o movel em *A* ſómente levanta 2. Examinemos pois bem eſte ponto.

Conſideremos os dois circulos, como poligonos de muitas faces miudas, que aſſim o conſideraõ todos os Geometras: ſe o circulo pequeno tem v. g. mil façes, o grande terá duas mil, ſendo o diametro duplo: prolonguemos os lados de hum, e de outro; os angulos externos no pequeno ſeraõ duplos dos angulos no grande; porque em qualquer poligono (*Fig.* 21.) toda a ſoma dos angulos externos val 4 angulos rectos, quer as faces ſejaõ muitas, quer poucas: Logo ſendo os angulos no poligono grande em numero dobrado do que no pequeno, o valor de qualquer angulo externo no poligono grande, ſómente terá metade do valor, do que tem no pequeno; e por conſeguinte tambem o angulo mixto da tangente com o circulo grande, ſómente terá metade do valor do angulo mixto do circulo pequeno; e por ultima Fig.21.

ma consequencia a força centrifuga do movel, que anda girando no circulo pequeno he dobrada da força, que tem o que gira no circulo grande; e por esta razaõ levanta quatro onças, quando o movel em *A*, que gira em circulo duplo, sómente levanta duas.

Eis-aqui porque eu disse, que sendo a massa igual, e velocidade igual, a força centrifuga diminuirá na razaõ, em que a distancia se augmentava.

Eis-aqui amigo Eugenio, as proposiçoens principaes para vos governar-des tocantes ás forças centrifugas; passaremos adiante na Carta seguinte.

Fim da duodécima Carta.

CAR-

CARTA XIII.

Sobre a descida dos Graves por espaço livre.

NEsta materia, amigo meu, já eu vos dei alguma instrucçaõ no principio das nossas conversaçoens, e Recreaçoens: porém naõ convinha entaõ dizer-vos tudo o que nesta materia se deve saber; porque naõ era tempo opportuno; e vós devieis hir com passo mais ligeiro, similhante ao que entra em hum novo Palacio, que faría muito mal, se parasse logo na fachada, primeiro portico, escada &c. até ficar certo de todos os Capitéis, ornatos, quartelas, frizos &c. sem querer passar para diante; porque entaõ já cançado, e enfastiado de tanta miudeza na sua observaçaõ, pouco gosto podería ter, quando entrasse nas Salas principaes, que contém maiores, e mais preciozas bellezas: Assim procedi eu na instrucçaõ da Fisica.

Tratando pois a descida dos Graves mais amplamente do que da outra vez o fiz, dividirei esta materia em trez Cartas: huma da descida por espaço livre, e linha perpendicular: outra por plano inclinado: a terceira por arcos de algum circulo, como se faz nos pendulos.

Já vos disse, (1) que os graves quando desciaõ, cahiaõ com movimento accelerado, e dei a razaõ disso: agora falarei mais largamente das Leis, e propriedades dessa acceleraçaõ. Já sabeis, que *acceleraçaõ* quer dizer, appressar-se o movel correndo cada vez com maior velocidade. Ora dividamos o tempo em minutos segundos v. g., ou da segunda ordem, e cada minuto em momentos. O movel que cahe livremente, pela razaõ que já vos disse (2) se no primeiro momento corre hum ponto, no segundo correrá mais, no terceiro mais &c. Vêde a fi-

(1) Tom. I. Recr.
(2) Tom. I. Recr.

a figura que vos faço, *G* (*Est.* 7. *Fig.* 1.) Ora estes espaços saõ os mesmos, quer eu os pinte assim em linha seguida, e entre cortada *G*, quer em linhas parallelas, como *A* na outra Figura 2, e que faz como vós vêdes, hum triangulo. Este triangulo pois reprezenta todos os espaços que se correraõ, durante todo o primeiro minuto *A*.

Est. 7. fig. 1.

Fig. 2.

No principio do segundo minuto *B* o movel hade ter maior velocidade, que no fim do primeiro *A*; e por isso o espaço, que corresponde ao primeiro momento desse minuto, hade ser hum pouco maior, que a ultima linha do I.º triangulo; e estas linhas haõ de hir crescendo por todos estes momentos, como aqui pinto em *B*, *O*. Esta Figura, que em Geometria se chama Trapezio, reprezenta todos os espaços corridos sómente durante o segundo minuto em todos os seus momentos. Ora se cortarmos todas essas linhas pela medida ultima do primeiro minuto, fica huma especie do quadrado *B*, e mais hum trian-

gulo *O*, o qual he igual ao primeiro *A*; e ao mesmo tempo o quadrado *B* val dois triangulos iguaes a *A*: logo todos os espaços corridos pelo grave, durante o segundo minuto valem trez vezes o espaço *A*, corrido em quanto durou o primeiro minuto.

Continuemos a reprezentaçaõ destes espaços em figuras similhantes: O espaço corrido no 1.º momento do 3.º minuto hade ser maior que foi no ultimo do precedente *B O*, e haõde hir crescendo sempre: por conseguinte contando todos estes espaços pelo tamanho do ultimo do 2.º minuto, teremos dois quadrados *B* e *M*, e mais hum novo triangulo *D*, feito dos accrescimos; e assim os espaços corridos sómente no 3.º minuto saõ 5 tantos do 1.º minuto. A mesma demonstraçaõ serve para os de mais tempos; e por isso os espaços corridos pelo grave em tempos iguaes saõ sempre como 1. 3. 5. 7. 9. 11. 13. &c.

Ad-

Advertencias.

POsta esta doutrina, bem se vê, que se naõ houvesse embaraço algum, a velocidade se havia de hir augmentando sem termo algum; porém aqui nestas visinhanças da terra sempre ha o ar para romper quando o grave vai cahindo; e quanto mais ar se hade dividir, maior resistencia se encontra: daqui vem, que podereis levar huma vela acceza de vagar; mas se quizeres apressar muito o passo, hade-se apagar; porque a resistencia, que faz o ar, quando o querem dividir com velocidade, he bastante para a apagar. Deve logo o ar resistir ao movel que cahe, e diminuir a sua velocidade em parte, segundo as regras geraes, que eu vos explicarei em Carta separada *sobre os embaraços ao movimento*: e assim a resistencia que faz o ar ao grave que cahe, he maior quando he maior a velocidade, e cresce a resistencia na razaõ do quadrado da velocidade do movel. Isto supposto. Se

Se o movel cahindo deve correr em hum momento hum palmo, a resistencia do ar lhe diminuirá huma linha (já sabeis que huma linha he a duodecima parte de huma polegada) se o grave havia de correr trez palmos, a resistencia do ar lhe diminue 9 linhas, porque o quadrado de 3 he 9: no 3.° minuto se o movel devia correr 5 palmos, a resistencia do ar lhe diminue 25 linhas; porque o quadrado de 5 he 25: pela mesma razaõ no 4.° tempo de 7 palmos diminue 49 linhas: no 5.° de 9 palmos diminue 81 linhas: no 6.° de 11 palmos diminue 121 linhas: no 7.° de 13 palmos diminue 169 linhas: no 8.° de 15 palmos havia de diminuir 225 linhas, que tanto importa o quadrado de 15: porém essa somma de linhas importa mais que dois palmos, que havia de ser o augmento constante de hum tempo sobre o precedente, pois vêdes, que vai nesta proporçaõ 1. 3. 5. 7. &c. Logo já no 8.° tempo a resistencia do ar impede todo o augmento que devia haver

ver na velocidade; e por conſeguinte, ſe a velocidade ſe naõ augmenta, naõ ſe augmenta a reſiſtencia do ar; e entaõ ſe reduz o movimento *accelerado* a *equavel*; iſto he, que tanto anda em hum tempo, como no ſeguinte.

A figura 3 que debuxo, vos faz ver no triangulo os eſpaços que ſe deviaõ correr no vacuo: os pontinhos ſignificaõ a diminuiçaõ, que nelles cauza a reſiſtencia do ar; e as riſcas ſeguidas ſaõ eſpaços de facto corridos: e bem ſe vê, que os eſpaços que deviaõ ſempre hir augmentando como no principio, ſe reduzem ultimamente a iguaes, e vem a ceſſar a acceleraçaõ. Eſt. 7. fig. 3.

Agora tereis curiozidade de ſaber, quando huma pedra cahindo pelo ar, ſería obrigada a cahir com velocidade equavel. Eu vos enſino a calcular, porque tereis mais goſto de fazer o calculo, que ſimpleſmente de ler o ſeu reſultado. Segundo as obſervaçoens hum grave cahe no 1.º minuto ſegundo 15 pés de rei (cada pé val palmo e meio, porque

que tem 12 polegadas ; e o palmo sómente tem 8) por conseguinte em 2 minutos hade cahir 60 pés : fazei experiencia, e vêde quanto falta para os 60 pés ; e isso he o effeito da retardaçaõ, que cauza a resistencia do ar : dividi isto em linhas, e reparti em 10 porçoens ; dai huma ao primeiro minuto, pois o quadrado de hum he 1 ; e reservai 9 para o segundo minuto, porque o quadrado de 3 he 9. Ora tendo vós a diminuiçaõ que faz a resistencia do ar ao grave no 1.º tempo, sabeis que resistencia fará em qualquer outro dos seguintes : em chegando a resistencia a 4320 linhas, que he o valor de 30 pés, ou do espaço, que se corre de mais em cada minuto, já o augmento do espaço e a diminuiçaõ delle se destróem mutuamente ; e o movimento se reduz a *equavel* : o que naõ pode acontecer senaõ quando o movel vai velocissimo : Neste ponto as experiencias naõ podem ser mui exactas.

O Doutor Desaguliers para conhe-

nhecer quanta era a retardaçaõ do ar, tomou huma bala de chumbo de duas polegadas de diametro, e lançando-a repetidas vezes, achou que em 4 ſegundos e meio cahia por 272 pés (advirta-ſe, que os pés de Inglaterra ſaõ hum tanto menores, que os pés de rei em França; deſorte que 16 pés de Inglaterra valem 15 de França; ou 22 palmos e meio de Portugal) Segundo as regras a bala deve cahir neſte tempo por 324 pés: Ora naõ cahindo, ſe naõ por 272, vê-ſe, que o ar retardou o movimento, e diminuhio o eſpaço de 52 pés que faltaõ. Repartindo pois eſte eſpaço por todo o tempo, ſegundo as regras que vos diſſe, vem a caber 5 polegadas de retardaçaõ ao 1.º minuto: ao 2.º, em que o eſpaço foi 3 vezes maior, devemos dar a reſiſtencia 9 vezes maior por ſer o quadrado de 3 igual a 9, e aſſim lhe dou 45 polegadas. Ao 3.º minuto por conta do eſpaço 5 vezes maior dou retardaçaõ 25 vezes maior, e vale 125 polegadas. Ao 4.º minuto por conta do eſpa-

ço

ço 7 vezes maior, dou retardaçaõ maior 49 vezes, e val 245 polegadas: no 5.° minuto, onde o espaço he 9 vezes maior, se deve dar retardaçaõ 81 vezes maior, e valería 405: porém como o movel sómente correo 4 minutos e meio e naõ 5, sómente lhe damos metade desse espaço, que saõ 202 polegadas e meia. Ora todas estas polegadas fazem a conta da retardaçaõ total: eu vos faço a conta.

Min.	1.°	retard.	pol.	5
Min.	2.°	ret.	pol.	45
Min.	3.°	ret.	pol.	125
Min.	4.°	ret.	pol.	245
Meio min.	5.°	ret.	pol.	$202\frac{1}{2}$
Tudo val polegadas				$622\frac{1}{2}$

Ora os 52 pés que faltavaõ, valem polegadas - - - - 624. Logo a resistencia do ar era capaz de fazer a resistencia e retardaçaõ, que a experiencia mostra. Advertindo porém, que estas contas saõ feitas

tas em groſſo; porque a querer examinar bem, quanta retardaçaõ cabe a cada minuto 2.°, devia fazer-ſe a conta a nove tempos iguaes, ſendo cada tempo do valor de meio minuto, o que daria alguma differença: porém forçoſamente ſe havia de entrar em quebrados; e para o ponto baſta iſto, para veres o caminho, que deve tomar o diſcurço neſta materia.

Advirto mais, que eſta reſiſtencia do ar, ſe augmenta á proporçaõ do volume do corpo; e por conſeguinte os córpos, que com o meſmo pêzo tem diverſos volumes, tendo a meſma força para cahir, tem diverſa retardaçaõ; e por iſſo mais tarda, ou mais depreſſa chegaõ ao movimento uniforme; porque ſe a retardaçaõ he maior, mais depreſſa chegará a valer tanto, como o augmento da velocidade, que devia haver de hum tempo ao ſeguinte. Huma bola de algodaõ facilmente chegará ao movimento equavel por cauza da grande reſiſtencia, que experimenta no ar; e por iſſo a neve,

e a

e a chuva nos naõ fazem grave damno cahindo de taõ alto ; porque a resistencia do ar as reduz a movimento mais brando , e talvez uniforme.

Ultimamente advirto , que nem todos os meios fazem igual retardaçaõ ao movel que cahe ; e por isso n'um meio chegará o grave mais depressa ao movimento equavel , n'outro mais tarde.

Experiencia I.

AGora convém , que vos ensine o modo pratico de ver a acceleraçaõ ; porque isto dá hum gosto incrivel.

Ponhamos huma maquina , como reprezenta a figura que vêdes
Est. 7. fig. 4. (*Fig.* 4.) consta de duas taboas elevadas a prumo , e bem niveladas por meio de trez parafuzos , que estaõ em baixo *M N R.* Quando o prumo *O* cahir sobre o lugar , que em baixo está sinalado , tudo está como deve ser : a taboa *A* deve ser excavada , de modo , que a calhe

prin-

principie em perpendicular, e acabe em horizontal, em ordem a que huma bola de marfim largada lá de ſima com impeto determinado, ſaia da calhe, e caia em certo ponto: divida-ſe a altura da taboa *B* em 16 partes iguaes, e a largura em 4 partes: na divizaõ *e* deſçamos huma parte ſó, e ponhamos ahi huma argola: na ſegunda divizaõ *i* deſçamos quatro partes, e ponhamos outra argola: na terceira divizaõ deſçamos 9 partes, e ponhamos outra argola: na ultima divizaõ *u* fica o chaõ, em 16 partes de diſtancia da linha horizontal *e u*.

Se a deſcida for como ſe diz, no 1.° tempo, em quanto a bola corre hum eſpaço horizontal, hade deſcer hum eſpaço: no fim do 2.° tempo terá caminhado na linha horizontal dois eſpaços; e na perpendicular 4: no fim do 3.° tempo terá na horizontal caminhado trez eſpaços; e na perpendicular 9; e no fim do 4.° tempo terá chegado á quarta divizaõ horizontal. Iſto aſſim diſpoſto larga-ſe a bola de ſima, e

por

por si mesma se vai enfiando pelas argolas, que lhe puzeraõ, obedecendo ás ordens, que lhe deu a Fisica: dai licença Eugenio, para fallar deste modo.

Advirta quem quizer fazer a experiencia, que a bola deve ser sempre laçada da mesma altura exactamente; e a calhe deve ser bem liza, em ordem a livrar de embaraços, que cauzaõ irregularidades.

Experiencia II.

Est. 7. fig. 5. *A outra experiencia he admiravel, e galantissima: faz-se deste modo.* (*Fig.* 5.)

POem-se duas cordas parallelas bem tezas, e inclinadas para baixo, e para conservar o parallelismo: tenho huma regoa com dois furos, que corre livremente pelas cordas, e as conserva na mesma distancia das suas extremidades *m n*. Na corda inferior fazemos correr hum como barquinho com duas roldanas altas, em ordem a que o cen-

tro

tro da gravidade ficando muito a baixo da corda, o barquinho corra direito, ſem (como dizem) bambolear. No tal barquinho vai hum maſtro com huma bola de metal. Eſte barquinho ſe deve ſuſpender por huma azelha de hum fio de ſeda n'hum alfinete em *e*, na parte ſuperior das cordas, mas de fórma, que com o menor movimento lateral deſprenda o fio do alfinete, e o barquinho corra.

Na corda ſuperior ſe façaõ divizoens em 16 partes, e ſe notem com linhas brancas, que podem ficar dependuradas, para que ſe vejaõ de longe: por eſta corda corre huma regoa furada, em que eſtá fixa huma campainha; de tal modo, que quando o barquinho paſſar por de baixo da campainha, o maſtro de metal lhe dê hum golpe. Eſta campainha ſe deve pôr, ora na divizaõ 1.ª, ora na divizaõ 4.ª; ora em 9, ora em 16, ora em 25; ſe as cordas derem para iſſo. Em Auch Capital de Armagnac em França a fiz de 25 eſpaços com hum ſucceſſo feliciſſimo.

Por

Por meio desta experiencia se vê a que ponto chega o movel que cahe, em determinado tempo. Falta porém hum meio para medir os tempos com exacçaõ, ao que se dirige a 2.ª parte da maquina, que se deve ajuntar á parte superior onde as cordas ataõ em *A*: eu a debuxo na figura (6) e vou a descrevela.

Est. 7. fig. 6.

He hum pendulo, como o dos relogios de parede, com 3 differenças: 1.ª que em baixo tem hum badalo com mola, defórma, que em batendo na campainha *B* dobra para passar o pendulo, e fica logo direito para tornar a bater, quando passar pelo prumo: 2 O pendulo naõ joga como os outros sobre a sua extremidade, mas hum pouco mais a baixo, defórma, que a extremidade superior jogue com o movimento da inferior, e possa por este meio desprender o fio da seda *e a*, por onde estava o barquinho suspenso. A 3.ª circunstancia deve ter este pendulo hum eixo comprido, como este *O O*, em ordem a que ande sem-

pre

pre ſojugando, e dê ſempre no meſmo lugar da campainha *B*. Por eſte modo o pendulo largando o de qualquer altura, hirá batendo na campainha, fazendo ſempre os tempos iguaes por ſer iſſo propriedade do pendulo: pode tambem a lentilha levantar-ſe mais ou menos, conforme quizerem os tempos mais curtos, ou maiores. Porém he certo, que tendo o meſmo comprimento da vara do pendulo deſde o ſeu eixo, até ao centro da lentilha ſempre hade ſer o meſmo tempo, e intervalo das ſuas oſcilaçoens, como em carta ſeparada vos direi. Aqui temos já modo de medir os tempos juſtos: falta agora combinar eſtes tempos do pendulo com a corrida do barquinho, o que ſe faz deſte modo.

Pegue-ſe no fio de ſeda *e a* atado ao barquinho, forme-ſe huma azelha para meter n'um alfinete ſem cabeça, o qual ſe volta para o lado, e fique o fio da ſeda bem curto, de ſorte que o maſtro do barquinho correſponda ao principio das

divizoens da corda superior. Este fio hade estar de modo, que a parte superior do pendulo o faça sahir do alfinete toda a vez que por ahi passar. Por este modo sabemos, que no mesmo instante em que o pendulo dá o primeiro golpe na campainha *B*, escapa o fio de seda do alfinete, e começa a cahir o barquinho.

Note se com os olhos pouco mais ou menos, onde toca o mastro, quando o pendulo deu o segundo golpe em *B*, e ponha-se ahi a campainha superior *I*, e certifiquem-se bem, se quando o pendulo dá o segundo golpe em *B*, o mastro bate na campainha superior *I*, confundindo-se entaõ os dois sonídos. Isto alcançado, seja essa distancia a medida pela qual se deve a corda superior dividir em 9, 16, ou 25 partes. Feita a divizaõ, repita-se a experiencia, mas pondo a campainha superior *I* em distancia 4; leve-se o barquinho assima, e meta-se a zelha no seu lugar costumado *e*. Espere-se o golpe na campainha superior,

rior, quando a inferior der o 3.º ſom, porque no 1.º começa o movel a cahir, no 2.º vai na 1.ª divizaõ; no 3.º hade chegar á 4.ª, para ſe correrem 3 divizoens no 2.º tempo, como diziamos. De facto largando-ſe o pendulo, ſe ouvem os dois ſons na terceira pancada.

Ponha-ſe depois a campainha ſuperior na divizaõ 9: repita-ſe a experiencia; e verſe-ha, que quando ſe acaba o 3.º intervalo, e ſôa o 4.º golpe, dá a campainha ſuperior o ſem ſôm. Depois poem-ſe em 16, e ultimamente em 25 divizoens, ſe a corda dá para tanto, e ſe obſerva o meſmo.

Advertencias.

1.ª PAra que a experiencia ſeja exacta, deve-ſe attender ao roſſado, e á reſiſtencia que tem o barquinho, tanto pela velocidade, como pela aſpereza da corda, e movimento das roldanas, que ſempre he algum. Aſſim, ſe na 1.ª divizaõ deve faltar huma polegada v. g.,

na 4.ª deve faltar mais; e mais na 9.ª, e mais ainda na 16 &c. O que a experiencia mostra ser precizo para que os dois sons coincidaõ.

Tab. 7. fig. 5. 2.ª Deve-se tambem advertir, que as cordas bambeiaõ, ainda que estejaõ tezas, se saõ compridas; e que a inferior com o pêzo do barquinho foge do parallelismo com a superior, e o mastro escapa da campainha. Para remediar isto, me sirvo da regoa *Z*, cujos furos estaõ na distancia das cordas, e tenho cuidado de pôr a tal regoa logo depois da campainha superior *I*; porque entaõ estou certo, que a corda inferior se bambear com o pezo do barquinho, tambem hade bambear igualmente a superior.

3.ª Succede muitas vezes, que o fio de seda *e a* pelo qual se suspende o barquinho, com o movimento lateral, que lhe dá o pendulo em ordem a soltar-se, faz dançar o barquinho, e com isto o mastro escapa da campainha superior. Para obviar este inconveniente, que ao principio muito me atormentava, imagi-

ginei outra regoa *X* com trez furos, a qual ſempre eſtá na parte ſuperior das cordas junto do pendulo: os dois furos de ſima ſaõ para paſſarem as cordas; o terceiro furo, que hade ſer tambem groſſo, he para paſſar o fio de ſeda, que ſuſpende o barquinho; porque deſte modo ainda que o pendulo lhe dê algum movimento lateral, naõ ſe communica ao barquinho, e corre ſempre direito.

Enſino-vos todas eſtas miudezas, para que ſe quizeres fazer a experiencia, naõ vos afflijais; e ſaia limpa, e exacta. Agora quero tirar deſta doutrina varias

Conſequencias.

1.ª QUando ha movimento accelerado, ſempre he na meſma proporçaõ dos numeros 1. 3. 5. 7. &c. porque naõ pode haver movimento accelerado, ſem que perſevere a cauza motrix obrando continuadamente por algum tempo ſucceſſivo, e neſ-

te

te cazo, está na mesma linha com a gravidade, que por esta só razaõ produz o movimento accelerado na razaõ de 1. 3. 5. 7. &c. Este movimento accelerado achamos na mola que se solta, e impelle o movel, seguindo-o por algum tempo. Temo-lo na bala da espingarda, a quem o fogo continúa a mover todo o tempo que vai dentro do cano, se elle naõ excede a proporçaõ que deve ter. Temo-lo nos que jogaõ o Táco, que sempre seguem por algum tempo a bola, ainda que seja curto &c.

Consequencia II.

Em todo o movimonto accelerado os espaços corridos saõ como os quadrados dos tempos, contando este desde o principio da quéda. A razaõ he; porque no fim do 1.º tempo o espaço he 1 quadrado do tempo 1: no fim do 2.º tempo os espaços saõ 4, quadrado dos tempos 2: no fim do 3.º tempo os espaços corridos saõ 9, quadrado dos tem-

pos

pos 3 : no fim dos 4 tempos os eſpaços ſaõ 16 : no fim dos 5 tempos os eſpaços ſaõ 25 &c.

Conſequencia III.

EM todo o movimento accelerado a velocidade, que o movel tem no fim de qualquer tempo, he como os tempos, pelos quaes tem cahido deſde o principio. A razaõ he; porque a velocidade de qualquer movel deve-ſe medir pelo eſpaço, que corre neſſe ultimo momento. Ora vendo os triangulos da figura que vos debuxei, bem vedes, que no fim do 2.° minuto, a linha que o movel correo entaõ, he dobrada da linha, que tinha corrido no fim do 1.° minuto; e que do meſmo modo no fim do 3.° minuto, a linha he tripla.

Deſorte, que para naõ vos confundires, haveis de fazer differença de toda a aria, que ſe comprehende no Triangulo, e baze delle; a aria correſponde a todos os eſpaços corridos (Conſequencia 2.ª) a baze correſponde á velocidade, que

o movel tinha nesse momento (Consequencia 3.ª). Ora pela Geometria bem sabeis, que as bazes dos triangulos similhantes saõ como as alturas : nas alturas vaõ os tempos, e nas bazes, vaõ as velocidades: ora como das bazes multiplicadas pelas alturas se fazem as superficies, tambem das velocidades multiplicadas pelos tempos se fazem os espaços. Deixai-me explicar isto hum pouco
Est. 7. mais. Se hum triangulo tem a mes-
fig. 7. ma altura, que o outro (*A*, *B Fig* 7.) mas a baze dupla, o triangulo he duplo. Se tem a mesma baze, mas altura dupla, *A*, *C*, o triangulo he duplo. Ora tendo ao mesmo tempo baze dupla, e altura dupla *A*, *D*, o triangulo he quadruplo.

Do mesmo modo se o movel
Fig. 8. *B* (*Fig.* 8.) corre em igual tempo, que o outro movel *A*, mas com velocidade dupla, o espaço corrido he duplo. Se o movel *C* corre com velocidade igual, mas em tempo duplo, o espaço he duplo: Logo correndo *D* por espaço duplo, e com velocidade dupla, o espaço

cor-

mo os *quadrados*, segundo a Geometria: Segue-se a

Consequencia V.

A *Mesma razaõ que tem entre si os tempos, as velocidades, e os espaços nos movimentos uniformes; tem os tempos, velocidades, e os espaços nos accelerados.*

Consequencia VI.

N*Os movimentos retardados devemos dizer o mesmo que nos accelerados.* A razaõ he; porque nos accelerados devemos representar os espaços n'uns triangulos suppondo, que o movel principiou com a velocidade correspondente á Cuspide, e acaba com a velocidade correspondente á baze, como em *A* (*Fig.* 9.) porém no retardado o movel se suppoem principiar na linha, que corresponde á baze, e acabar na Cuspide, como em *B*: ora tanto val o triangulo *A*, como *B*. No movimento retardado, como quando

Est. fig. 7. 9.

do

do a pedra ſóbe pelo ar, a velocidade no principio he grande, e diminue até ficar n'um ponto.

PROPOSIÇAÕ I.

NO *Vacuo todos os córpos cahem com igual velocidade, ſeja qual for o ſeu pêzo, ou o ſeu volume.*

Diſto já vos dei a razaõ, e já vos fiz ver as experiencias nas noſſas Recreaçoens, (Tom. 1.º Tarde 1.ª §. 8, pag. 85.)

PROPOSIÇAÕ II.

A *Velocidade da quéda naõ correſponde exactamente á differença do pêzo.*

Experiencia I.

O Doutor Deſaguliers fez cahir a hum tempo dois córpos, que pezavaõ differentemente: eraõ no pêzo como 1 a 19; e obſervou, que a differença dos tempos da quéda, eraõ $6\frac{1}{2}$ a 19.

A razaõ he ; porque devendo os dois córpos cahir a hum tempo, sómente a resistencia do ar faz a differença : esta parece, que deve impedir o corpo leve 19 vezes mais, que o pezado, por ter este mais 19 vezes de força para o vencer ; mas adverti, que quando o pezado adianta, e augmenta a velocidade, já por este principio o ar lhe faz mais resistencia, que ao ligeiro ; e assim a retardaçaõ, que devia ser 19 vezes maior, vem a ficar pouco menos de 3 vezes : pois esta he a razaõ que ha emtre $6\frac{1}{2}$ e 19.

Ora aqui tendes Eugenio, as principaes proposiçoens do movimento da gravidade ; mas ainda vos heide escrever sobre esta materia outras Cartas. Se he que dezejais instrucçaõ completa.

Fim da décima terceira Carta.

CAR-

CARTA XIV.

Sobre a descida, e pêzo dos Graves em planos inclinados.

JÁ que o quereis, amigo Eugenio, amofinarvos-hei com as Leis da Gravidade, que vós achais taõ importantes em Fisica, e na verdade o saõ. Vós me dizeis, que naõ achais estas doutrinas taõ seccas, como vo-lo tinha dito, nem taõ injuncadas; e assim he, Amigo: muitos estudaõ Fisica, poucos a querem saber: estudar Fisica sómente para saber quatro experiencias engraçadas, he ser Charlataõ; porque falaõ, falaõ, e nem bem sabem o que dizem; porém estudar Fisica para a saber do modo que se pode saber, he cavar, cavar, e profundar quanto puder ser, nas Leis de movimento, que saõ as raizes. As experiencias saõ os fructos; as doutrinas da Fisica saõ a arvore; as Leis do movimento as raizes; quem

ti-

tiver as raizes bem firmes, hade ter arvore grande, frondoza, copada, e bem fertil: quem as naõ possuir, terá a fruta comprada na Praça; mas naõ terá producçaõ no seu proprio campo. Isto posto vamos continuando no nosso ponto.

§ I.

Da força com que o grave cahe, ou carrega no plano inclinado, comparada com a força com que cahe livremente.

A Gravidade forceja sempre, segundo a linha perpendicular ao Nivel. Se o obstaculo que lhe impede a descida resiste inteiramente a este movimento, impede-o de todo: e daqui vem, que o grave posto n'um plano horizontal, naõ tem o menor movimento; pois este plano que faz hum angulo recto com a linha perpendicular da Gravidade, lhe impede todo o movimento. Mas por isso o tal plano supporta toda

a acçaõ do *pêzo*; reparai bem nesta Lei.

PROPOSIÇAÕ I.

O *Plano horizontal impede todo o movimento do Grave, e supporta toda a acçaõ do seu pêzo.*

Firma-se a razaõ da Lei que já vos expliquei, em que toda a acçaõ he igual á reacçaõ: Se o plano impede toda a acçaõ da Gravidade, a Gravidade exercita contra o plano tóda a sua acçaõ.

PROPOSIÇAÕ II.

NO *plano inclinado parte da gravidade carrega no plano; e a outra parte fica livre para a quéda do movel.*

Se o plano naõ for horizontal, naõ pode impedir toda a acçaõ do grave; porque como o plano de huma parte desce, pode o grave rolando, ou escorregando pelo plano hir descendo; e nisso se satisfaz de algum modo a gravidade: porém como naõ pode descer tanto, achan-

do

do o plano, como livremente, todo o embaraço que lhe faz o plano, dá lugar á acçaõ do Grave contra elle, porque naõ há acçaõ sem reacçaõ; e tanto obra o plano contra o grave, tanto obrará o grave contra o plano.

PROPOSIÇAÕ III.

PAra conhecer que parte do pêzo obra contra o plano, e que parte produz a quéda, consideremos a linha vertical, como diagonal de hum parallelogramo rectangulo, e o lado perpendicular ao plano dará a acçaõ contra elle; a parallela dará a quéda. (*Est. 7. Fig.* 10.)

Est. 7. fig. 10. Porque a linha parallela *oi* naõ fica impedida pelo plano; a parte perpendicular *oa* fica inteiramente impedida: logo descompondo, ou desmanchando, ou resolvendo o movimento do grave por ordem ao plano inclinado, se vê a parte impedida *a o*, e a parte livre *o i*.

A linha vertical *o e* representa a linha da gravidade, se estivesse livre; porque a força, ou acçaõ de for-

forcejar para descer, he sempre nesta linha. Ora supponhamos que esta linha *o e* he huma diagonal do parallelogramo, composto de huma perpendicular ao plano *o a*, e de huma parallela *o i*: logo se vê, que a acçaõ representada na linha perpendicular, fica destruida pelo plano; e que o plano supporta do pêzo do grave a parte correspondente á linha *o a*; porém a parte que corresponde á linha *o i* fica livre, pois ninguem a impede, sendo o plano parallelo a essa linha.

Daqui vem, que quanto menos inclinado for o plano, e mais se abaixar, menos força tem o grave para cahir, e mais força faz contra o plano. Vêde a outra figura (*Fig.* 11.) porque resolvendo o movimento da diagonal *o e* em dois, hum perpendicular ao plano *o a*, outro parallelo *o i*, se vê claramente, que he muito menor a linha, ou a força livre para cahir; e por conseguinte fica maior a força com que carrega no plano. Nem vos faça difficuldade ver sempre a acçaõ do Est. 7. fig. 11.

grave contra o plano representada n'um raio, e dizer eu, que he menor, ou maior; porque haveis de comparar essa linha, ou esse raio com a linha vertical, a qual representa toda a acçaõ da gravidade livre, e entaõ vereis, que no segundo caso (da fig. 11.) *o a* fica quazi
Est. 7. fig. 11. igual á vertical *o e*, porque a gravidade obra contra o plano quazi com toda a sua força; e sómente se lhe desconta a acçaõ, com que desce *o i*. Mas no primeiro desconta-se-lhe muito mais; e mais ainda
Fig. 12. no terceiro (*Fig.* 12.) ficando o raio *oa* muito mais pequeno que a vertical *oe*.

§ II.

Do tempo em que o grave cahe pelo plano inclinado, comparado com o tempo em que cahe livremente.

JÁ se suppoem, amigo Eugenio, que nestes cazos se faz total abstracçaõ das resistencias que offerece o roçado, e o ar; e falamos sómen-

te

te dos effeitos, que nascem de ser a linha, ou vertical, ou inclinada.

Para saber em que lugar hiria o grave, se desce-se pelo plano inclinado, quando acabou de cahir livremente pela altura do plano (*Fig.* 13.) *AO*; tiremos do ponto infimo da altura *O* linha *OE* perpendicular á superficie do plano; e esse ponto *E* notará exactamente o lugar, em que hiria o grave, se cahisse pelo plano, no tempo em que de facto cahio pela vertical *AO*. Para conhecer a razaõ, tirai huma linha de pontos *AI*, parallela á perpendicular *EO*, e acabai o parallelogramo *AEIO*: deste modo a vertical *AO* fica sendo huma diagonal que se rezolve nas duas linhas *AE*. *AI*: o movimento por *AI* fica totalmente destruhido pelo plano: o movimento *AE* fica livre. Ora he couza assentada na composiçaõ do movimento, que no mesmo tempo em que o movel havia de correr hum lado do parallelogramo, corre toda a diagonal: logo no tempo que o grave cahiría por *AO*, estando hum

Est. 7. fig. 13.

dos movimentos impedido, correrá por *A E*. Daqui se tiraõ varias consequencias.

Consequencia I.

Est. 7. fig. 14. O *Tempo em que o movel cahiria pelo diametro vertical, neste mesmo cahe por qualquer corda desse circulo, que saia do ponto supremo do tal diametro.* (*Fig.* 14.)

A razaõ he; porque se na figura precedente nós tirarmos hum circulo, cujo diametro seja a altura do plano, vem o ponto *E* a cahir forçozamente na circumferencia; e fica a linha *A E* sendo corda. Digo que *E* forçozamente cahirá na circumferencia, porque o angulo *E* forçozamente he recto, sendo *O E* perpendicular ao plano. Ora o angulo cujos lados comprehendem todo o diametro, naõ he recto, senaõ quando tem o vertice na circumferencia; aliás se o tiver dentro tem por medida mais de metade do meio circulo; se o tiver fóra, tem menos de metade do meio circulo; conforme

me o que ſabeis á cerca da mediçaõ dos angulos eſtribados dentro do circulo.

Aſſim podemos nós diſcorrer de qualquer outro plano inclinado, ſeja maior, ou menor a inclinaçaõ; e por iſſo tiramos por regra geral o que aſſima diſſemos.

Conſequencia II.

No meſmo tempo em que o grave corre livremente o diametro, correrá qualquer corda do circulo terminada no ponto infimo do diametro.

Eſt. 7. fig. 15.

A Razaõ he; porque (*Fig.* 15.) no meſmo circulo ás cordas que naſcem do ponto ſuperior do diametro *AE*, *AM* correſpondem outras ſemilhantes *Oe*, *Om*, que vaõ parar ao infimo: logo ſe o grave correria qualquer corda das ſuperiores no tempo em que corre o diametro, tambem neſſe tempo correria qualquer corda, que vá parar ao ponto infimo do diametro.

Con-

Consequencia III.

O *Tempo precizo para que o grave corra todo o plano, he tanto maior, que o tempo da quéda livre pela altura delle, quanto a linha do plano he maior que a sua altura.* Por outros termos.

Os Tempos das quédas vertical e obliqua, saõ entre si, como as linhas (*Fig.* 16.)

Est. 7. fig. 16.

Demonstraçaõ. Tiremos *O M* perpendicular ao plano *A R*: temos dois triangulos similhantes: *A M O* he hum triangulo, que tem hum angulo recto em *M*; e o triangulo total *A O R* tambem tem hum recto em *O*: de mais o angulo em *A* he commum para o triangulo pequeno, e para o total: logo os lados saõ proporcionaes, isto he, no pequeno o minimo lado *AM* he para a hypothenuza *A O*, como no grande o minimo lado *A O* he para a sua hypothenuza *AR*: temos logo esta proporçaõ Geometrica *AM* : *AO* : : *AO* : *AR*; ou esta progressaõ ∺ *AM* : *AO* : *AR*.

Con-

Convém agora lembrar-vos de algumas couzas, que vós já ſabeis pela Geometria. A primeira he. Se formarmos quadrados das quantidades que eſtavaõ em progreſſaõ, tambem os quadrados ficaõ em progreſſaõ: V. g. ſe dizemos ∺ 1 : 2 : 4. ſegue-ſe, que podemos dizer ∺ 1 : 4 : 16. igualmente ſe dizemos ∺ 1 : 3 : 9.; podemos dizer ∺ 1 : 9 : 27.

A 2.ª he, que entaõ o 2.º quadrado he para o 3.º, como a 1.ª raiz he para a 3.ª: baſta ver os exemplos aſſima: no 1.º achamos, que 4 he a razaõ da 1.ª raiz para a 3.ª: e tambem he a razaõ do 2.º quadrado 4 ao terceiro 16. Simillhantemente 3 he para 9 nas raizes, como 9 para 27 nos quadrados. Na Geometria ſe demonſtra, aqui baſta tocar iſto.

A 3.ª couza que vos lembro, he que os eſpaços ſaõ ſempre quadrados dos tempos: logo ſendo as trez linhas *AM*, *AO*, *AR*, os eſpaços que correm os moveis, o tempo da quéda por *AM* (1.º eſpaço) he ao tempo da quéda total por *AR* (3.º eſpaço) como o 2.º quadrado *AO* he

pa-

para o 3.º quadrado *AR*. Ora já vemos, que o tempo em que o movel cahe pela vertical *AO* he o mesmo, em que cahiria pela 1.ª linha *AM*. Logo o tempo da quéda por *AO* he para o tempo da quéda por *AR*, como *AO* he para *AR*.

Naõ vos faça confuzaõ dizer aqui, que os tempos destas quédas saõ como espaços; porque bem vêdes, que comparamos quédas de differente especie; huma he vertical, e por isso ligeira, outra he obliqua, e por isso tarda. Rezumindo pois a Demonstraçaõ, podemos dizer assim $\frac{\cdot\cdot}{\cdot\cdot}$ *AM* : *AO* : *AR*. Logo a raiz de *AM* (tempo em que o movel a correría) he para a raiz quadrada de *AR* (tempo em que o movel a correría) como *AO* he para *AR*. Ora o tempo da quéda por *AM* he o mesmo da quéda vertical por *AO*: logo o tempo da quéda vertical (por *AO*) he para o tempo da quépa obliqua (por todo o plano *AR*), como *AO* he para *AR*; ou como a altura, para o comprimento do plano.

§. III.

§ III.

Da Velocidade que traz o grave cahindo pelo plano, ou cahindo verticalmente.

PROPOSIÇAÕ.

Q*Uando a altura he a mesma, a velocidade no fim da quéda he a mesma; quer o movel cahisse verticalmente, quer por qualquer plano* (*Fig.* 16.). Est. 7. fig. 16.

Achareis talvez difficuldade nesta proposiçaõ: eu vou tirala. He bem verdade, que o grave cahindo livremente, toma mais velocidade, que cahindo pelo plano, se o tempo for o mesmo; tanto assim, que quando pela vertical chega a *O*, pela obliqua só vai em *M*. Mas o grave quanto mais tempo cahe, mais velocidade adquire: Ora cahindo pelo plano, tem necessidade de mais tempo para acabar de descer, e por isso tem mais tempo de velocidade: eis-aqui, porque quando chega

ao

ao fim do plano, já tem tanta velocidade, como aquelle que cahio pela vértical. Quando duas couzas se compensaõ exactamente, vem a ficar iguaes. O plano diminue a velocidade do grave n'um tempo determinado, na proporçaõ de *A M* para *AO* (ou de *AO* para *A R*, que he o mesmo) mas o plano tambem augmenta o tempo da quéda (e por conseguinte a velocidade) na proporçaõ de *AO* para *A R*: logo o plano, se por hum principio diminue a velocidade do grave, pelo outro a augmenta na mesma proporçaõ; e por isso tudo fica compensado, chegando o movel ao fim da descida com igual velocidade, quer caia pela vertical, quer pelo plano.

Isto basta meu Eugenio para huma Carta, que estas materias seccas tem mais sustancia, e custaõ mais a digerir no estomago do entendimento, e naõ quero que vos enfastieis: para a Carta seguinte vos direi alguma coiza tocante aos pendulos, o que vos dará gosto; porque sei, que quereis entender de relo-

gi-

gios, e ao menos ſaber os principios geraes, em que ſe funda o modo de regular os ſeus movimentos. Eſtas materias, Eugenio, naõ ſaõ taõ lindas, e doces como as experiencias das cores; porém ſaõ muito mais importantes, e ſervem para muito: a fruta he mais ſuave, que o paõ, porém he menos ſubſtancial, e ſem elle naõ pode haver força nos Mininos, que a cada paſſo tropeçaõ. Aſſim he quem caminha na Fiſica, ſem ſaber bem Leis da Mecanica, ainda que leia, e faça muitas experiencias de Optica, e Maquina Electrica naõ paſſa de Minino.

Fim da Carta décima quarta.

CAR-

CARTA XV.

Sobre o movimento dos Pendulos.

ESta Carta, amigo Eugenio, vos hade intereſſar, ainda que ao principio vos pareça inutil. Primeiramente chamamos *Pendulo* hum corpo grave ſuſpenſo por hum fio, ou coiza ſimilhante, que movendo-
Eſt. 7. ſe de huma para outra parte, deſ-
fig. 17. ce, e ſobe balanceando. (*Fig.* 17.)

Chamamos *Vibraçaõ*, ou *Oſcilaçaõ* do Pendulo o movimento, que ha deſde o principio da quéda, até ao fim da ſubida.

Chamamos *Comprimento*, ou *Longitude* do Pendulo toda a diſtancia que ha deſde o ponto immovel do fio (*O*) até ao centro da gravidade (*A*) do pézo que balancea, e reparai niſto bem; porque no meſmo Pendulo dos Relogios de parede, ou de Torre, pode o pêzo, a que chamaõ lentilha, pelo feitio que tem, abaixar-ſe mais, ou menos, e

con-

conforme o centro da gravidade ſubir, ou deſcer ſe julga o Pendulo mais curto, ou mais comprido. Iſto poſto vamos deſenvolvendo varias verdades, que eſtaõ incluidas nas que vós já ſabeis.

§. I.

Da cauza do movimento no Pendulo.

PRimeiramente Eugenio, vós bem vedes, que o Pendulo cahindo eſtá balanceando muito tempo: convém pois examinar a cauza deſte movimento, e depois as ſuas propriedades.

Em 1.º lugar: *O Pendulo depois de cahir, neceſſariamente hade ſubir*: porque por cauza da Inertia o corpo em movimento hade perſeverar nelle até que lho deſtruaõ. Ora quando o Pendulo acaba de deſcer eſtá em movimento, e em virtude do cordaõ, ou vara que o ſuſpende, naõ pode mover-ſe, ſenaõ ſubindo: ſóbe pois em quanto lhe dura força para iſſo.

Em

Em 2.° lugar : *O Pendulo que sobe , continuamentc se retarda , e de cada vez vai mais frouxo* : porque se chegou a baixo com 5 gráos de velocidade , subindo os hade hir perdendo successivamente , porque o pézo resiste , e contradiz á subida : e assim como o pêzo , ou força da gravidade em quanto descia em cada tempo lhe imprimio hum gráo de velocidade : assim tambem quando sóbe , em cada tempo lhe destróe hum gráo de velocidade.

Em 3.° lugar. *O tempo em que o Pendulo sobe , he inteiramente igual áquelles em que desce.* A razaõ he : porque a gravidade tanto obra no tempo da descida , como no da subida : no da descida para dar ao grave 5 gráos de velocidade v. g. foraõ precizos 5 tempos : logo na subida para lhos destruhir saõ precizos outros tantos tempos ; e assim o tempo da descida he igual ao da subida.

Pela mesma razaõ , quando atiramos huma bala ao ar , tanto tempo gasta em subir , como em descer ,

cer ; porque he a mesma razaõ do pendulo: a bala hade subir até perder toda a velocidade ; e em cada momento hade adquirir outro tanto ; e hade chegar a baixo com a mesma velocidade que levou ; e no mesmo tempo em que subio : descontando o que tiver feito a resistencia do ar.

§. II.

Do tempo das Vibraçoens.

LEmbrai-vos Eugenio do que vos disse na Carta precedente , que no mesmo tempo em que o grave cahia livremente por hum diametro , cahia por qualquer corda desse mesmo circulo. Ora sendo os arcos pequenos , muito pouco differentes das cordas ; porque sendo o arco de 45 gráos , sómente excede a sua corda quanto o numero 350 excede a 349 vêde vós quaõ pouca differença levará o arco de 15 gráos á sua corda : daqui vem , que podemos sem erro consideravel confundir a descida de hum grave pelo arco pequeno ,

no, com a descida pela corda correspondente. Fiquemos logo nisto. *Na doutrina dos Pendulos suppomos, que as vibraçoens saõ pequenas; isto he, que naõ passaõ de 30 gráos, 15 de quéda, e 15 de subida:* Logo.

Consequencia I.

EM quanto o grave desce por meia vibraçaõ, cahiria a prumo por todo o diametro.

Ora como o grave cahindo a prumo sempre se accelera, e em quanto o pendulo desceo, elle cahiría por hum diametro; em quanto subio cahiría por 3 diametros; pois o tempo da subida he igual ao da descida: Logo.

Consequencia II.

EM quanto o Pendulo faz toda a vibraçaõ, o grave cahiria por 4 diametros, ou 8 raios, que vem a ser 8 comprimentos de corda.

Ora esta doutrina he para qualquer vibraçaõ, ou de mais, ou de menos gráos: logo. *Con-*

Consequencia III.

TOdas as vibraçoens do mesmo Pendulo se fazem no mesmo tempo, quer de mais, quer de menos grãos (*Fig.*18.) por serem todas feitas no tempo em que o grave cahiria por 8 diametros. Advirto, que na experiencia, se lançamos dois pendulos iguaes em tudo, mas hum de maior distancia, e outro de menor, sempre o que faz vibraçoens maiores, anda algum tanto mais vagarozo, por cauza da resistencia do ar, que resiste mais quando he maior a velocidade; porém sensivelmente he o mesmo tempo da vibraçaõ *Aa*, que da vibraçaõ *Ee*. Est. 7. fig. 18.

Consequencia IV.

SEndo a mesma corda do pendulo, naõ se attende ao pézo, ou á materia delle, para julgar o tempo das suas Oscilaçoens.

A razaõ he; porque fazendo abstracçaõ da resistencia do ar, qual-

quer grave desce no mesmo tempo pelo diametro de hum circulo: logo de qualquer materia que fossem, ou qualquer pézo, gastaríaõ o mesmo tempo em 4 diametros, por conseguinte em huma vibraçaõ inteira.

Advirto porém, que continuando as vibraçoens, a resistencia do meio sempre faz grande differença, na continuaçaõ de muitas vibraçoens: porém ficareis admirado Eugenio, quando vires, que constantemente o pendulo mais pezado he o que faz as vibraçoens mais tardas: contra o que se esperava; porque sendo mais pezado, cahiria mais depressa pelo espaço do diametro: mas a razaõ desta incoherencia vem de que o pêzo mais pezado vai mais ávante, que o leve; e como as vibraçoens foraõ maiores, por conta da maior velocidade, faz-lhe maior impressaõ a resistencia do ar.

Con-

Consequencia V.

POr este modo podemos conhecer, quanto cahiría hum grave em hum minuto segundo, porque sabemos de que comprimento he a vara, ou fio do pendulo, que faz huma Oscilaçaõ exactamente em hum minuto segundo; e conforme o que está dito, esta distancia multiplicada 8 vezes dará o espaço, que correria o grave cahindo a prumo.

Consequencia VI.

SE os tempos das vibraçoens saõ dependentes do comprimento do pendulo, tomando-o 8 vezes, segue-se, qne devemos discorrer do comprimento, ou corda do pendulo, como dos espaços da cahida; e os tempos, seráõ a raiz quadrada desses espaços, segundo o que está dito; e por conseguinte, quando o tempo das vibraçoens houver de ser, como 1 a 2, os comprimentos dos pendulos haõde ser, como 1 a 4

Eis-aqui porque entaõ ſe deve encurtar a vara por meio de huma roſca, que fica debaixo da lentilha, a qual a levanta para ſima, e vem a ficar a *pendula* mais curta; porque ſó ſe deve attender ao comprimento deſde o eixo de ſima até ao centro da *Lentilha*, ou pêzo. Igualmente ſe deve abaixar a lentilha nos tempos frios, em que a vara ſe encolhe.

Por eſta razaõ naõ ha relogio algum dos ordinarios, que faça os dias iguaes, naõ ſó em hum anno, mas nem n'uma ſemana inteira; porque ſempre o tempo, ou mais frio, ou mais quente, influe nos movimentos do relogio. Eu ſómente depois que tive a pratica das obſervaçoens Aſtronomicas, he que vi a incrivel variedade, que padecem os relogios por conta do tempo.

Agora falando dos relogios de algibeira, digo, que nelles a *Pendula*, ſendo por differente modo, deve ſeguir as meſmas leis (*Fig.* 20.) Conſta a Pendula de hum fio de metal elaſtico, o qual tem a fórma

Eſt. 7. fig. 20.

ma *espiral*: está preza em *a* ao eixo de hum circulo movel *o o o*, o qual leva consigo cada vez que se move. Ora como o fio espiral he elastico, ou o dobrem mais do que está, ou o abraõ mais, elle sempre quer tornar ao seu estado natural; e com o impeto que leva, quando se quer restituir ao seu estado natural, passa além do que devia ser; como a corda da viola, que treme por hum pouco, quando a puxaõ para hum lado; ou como o pendulo, que quando quer cahir para baixo, com o impeto que leva, passa álem do prumo que buscava, e sobe para sima pela parte opposta, e anda balanceando. Assim faz a *Pendula* espiral, suprindo deste modo o effeito do Pendulo a prumo.

Daqui se segue, que assim como quanto mais comprido he o Pendulo, mais de vagar se move; assim quanto mais comprido he o fio elastico, mais vagarozas saõ as suas oscilaçoens. Para isto entaõ he que na outra extremidade (*E*) do fio espiral, que vai á circumferencia, se po-

poem huma corrediça furada, por onde paſſa o fio, a qual ſojuga o fio em toda aquella porçaõ que eſtá dentro della; porque ſómente o fio que eſtá livre, he que pode balancear; e como por meio da rodinha dentada *M* podemos meter a corrediça *E* ora mais para dentro, ora menos, por eſte modo fazemos a pendula eſpiral, ora mais curta, ora mais comprida; e aſſim os movimentos ora ſaõ mais promptos, ora mais tardos; e aſſim ſe adiantaõ os Relogios, ou atrazaõ.

O calor da eſtaçaõ, o calor da algibeira, o frio, que gela algum oleo que eſtá nos eixos das rodas; o movimento do Cavallo, a poſtura do Relogio, que ora deixa aos eixos o trabalhar a prumo, ora os obriga a trabalhar horizontalmente, tendo maior roçado; tudo iſto faz muito irregular o movimento do relogio; e iſto além da irregularidade eſſencial, que vem da mola, que ſe vai dezenvolvendo cada vez com menos força, e do *Peaõ*, que cada vez larga hum circulo menor

da

da corda, que nelle ſe involve. Por eſta razaõ as horas do Relogio de algibeira, ſaõ de ordinario muito mais irregulares, que as dos relogios de pêzo, como ſaõ os da Torre, ou de parede.

Eis-aqui meu Amigo Eugenio o que baſta para entender alguma coiza deſta materia, ainda que naõ haj is de ſer Relojoeiro. Agora ainda falta outra Carta ſobre os impedimentos do movimento; o que faz ſempre grande mudança nas ſuas Leis; ſerá para a ſemana: ide tendo hum pouco de paciencia.

Fim da Carta décima quinta.

CAR-

CARTA XVI.

Sobre os Embaraços do Movimento.

DEpois de tratar, Amigo Eugenio, das Leis do movimento, falta tratar dos Impedimentos que o retardaõ; porque todas quantas Leis ſe tem dado, ficaõ ſujeitas ás excepçoens que nellas fazem as que agora daremos á cêrca dos impedimentos indiſpenſaveis delle. Dois ſaõ elles ordinariamente, hum he o que chamaõ *Reſiſtencia do Meio*, outro o que chamaõ do *Roçado.*

§ I.

Da Reſiſtencia do Medio.

CHamamos Reſiſtencia do Meio a que faz qualquer fluido quando por meio delle atraveſſa o movel. Porque já ſe vê, que qualquer corpo ſe ſe move no ar, hade dividir o ar para paſſar por meio delle; e ha-

de

de pôr em movimento parte deſte fluido para paſſar o movel: Ora iſto ſucede na agua, e em todos os mais fluidos, quando algum corpo ſe move por meio delle. Sobre eſta materia o que he de mais averiguado ſe reduz as ſeguintes Leis.

Lei I.

A reſiſtencia do meio he á proporçaõ da ſua viſcoſidade.

A Razaõ he, porque o movel naõ pode atraveſſar qualquer fluido ſem o dividir; ora quanto mais cuſtar a dividir, mais hade reſiſtir ao Movimento; porém a viſcoſidade de hum fluido faz que as ſuas partes ſe peguem com mais tenacidade humas ás outras, e por iſſo cuſtaõ mais a dividir-ſe.

Lei II.

A Resistencia do Meio he á proporçaõ da sua densidade.

TAmbem he facil o dar a razaõ desta Lei ; porque já vos preveni que o Movel naõ podia atravessar fluido algum sem pôr em movimento parte desse fluido, que deve ceder-lhe o lugar por onde vai passando : e quanto mais denso for o fluido mais particulas de materia quieta se haõ-de dezacomodar. Ora he bem claro que havendo resistensia da inertia em todo o corpo quieto, quanta mais materia se houver de pôr em movimento e dezacomodar para passar o movel, maior hade ser a Resistencia : e assim devemos ter por Lei que a Densidade do meio faz que seja maior a sua Resistencia.

Confirma-se com a experiencia. Pomos hum pendulo em huma vara de ferro , ou qualquer materia que naõ dobre, e façamos que a bola ou lentilha que faz as Oscilaçoens se

mo-

movaõ humas vezes pelo ar, outras pela agua, que he 700 vezes mais densa que o ar ou pouco mais; achamos que faz 700 vezes menos oscilaçoens na agua que no ar; logo a resistencia do meio segue a Razaõ da Densidade della.

Lei III.

A resistencia do meio he á proporçaõ do volume do Solido que por elle se move.

POnhamos exemplo e demos a razaõ e a prova. Se carregarmos huma peça com huma bala de páo, e outra do mesmo pêzo, mas de chumbo; a de páo hirá muito perto, e a de chumbo muito mais longe; ora ambas levaõ igual força, por ser o mesmo impulso, logo da resistencia do ar he que procede a differença: A do páo para se mover teve precizaõ de lançar fora do seu lugar muita parte de ar, e á de chumbo basta pouco ar que se divida ou mova. Logo quanto maior

for

for o volume do corpo que ſe move, mais reſiſtencia lhe hade fazer o Meio.

Lei IV.

A reſiſtencia do Meio, ſe tudo o mais for igual, ſegue o Quadrado da velocidade do corpo que ſe move.

A Razaõ he porque o ar pela ſua inertia reſiſte a quem o quer mover, conforme o quadrado da velocidade que lhe querem dar; logo neſſa meſma proporçaõ, hade experimentar reſiſtencia o movel.

Lei V.

A reſiſtencia do meio ſegue a razaõ da ſuperficie do Solido movel, principalmente da parte que divide o fluido.

A Razaõ he, porque ao paſſar o corpo Solido por entre o fluido neceſſariamente as particulas deſte roſſaõ pela ſuperficie do Solido,

e en-

e entraõ nas suas cavidades ; o que sempre retarda o movimento. Ora quanto maior for a superficie, maior ha de ser este rossado como logo diremos. Daqui vem que hum arratel de chumbo dividido em graõs naõ vai taõ longe como em huma só bala, ainda que sejaõ lançados juntamente pela mesma polvora ; porque todas as superficies dos graõs miudos tomadas por junto somaõ muito mais que a da bala grande. Além da Geomotria, a experiencia quotidiana o mostra. Tomai huma laranja, a sua superficie he a casca em quanto está inteira ; ora parti-a ; já aparecem duas superficies chatas, que naõ tem casca ; dividi-a em quartos, e depois em meios quartos, cada vez vai a faca fazendo novas superficies que o saõ além da casca ; logo quando hum globo se divide, quanto mais se divide mais crescem as superficies á proporçaõ.

Acrescentei que se deve attender particularmente a parte que divide o fluido, porque ha nos solidos huma figura mais propria do que ou-

outras para dividilos. Daqui v em que as náos tem a prôa mais aguda que a popa, para dividir mais facilmente a agua.

De tudo o que eſtá dito Eugenio ſe collige, que por muitos modos reſiſte o *Meio* a paſſagem do ſolido; e que naõ he facil calcular ao juſto eſta reſiſtencia.

§ II.

Da Reſiſtencia que chamaõ Roſſado.

QUando hum Solido ſe move, nem ſempre atraveſſa ſimpleſmente o ar ou outro fluido; tambem ſe arraſtra por outro ſolido, de ſorte que roſſaõ mutuamente as ſuas ſuperficies. Porém ha duas caſtas de Roſſado que nós chamamos do 1.° Genero, ou do 2.°.

O Roſſado do 1.° genero he *quando a meſma parte do movel vai correſpondendo ſuceſſivamente a diverſas partes do outro corpo*, como quando hum fardo vai pelo chaõ arraſtrado.

O

O Rossado do segundo genero he quando hum corpo vai rolando pelo outro, como quando huma bola vai por hum plano lizo.

O Rossado do primeiro genero he muito mais forte que o do segundo, como a experiencia mostra. Se nós tiradas as rodas quizermos levar hum coche arrastrando, quanto mais custaria aos pobres cavalos? Em muitas partes se uza de huns carros sem rodas a que chamaõ alguns *zorras*, outros *Rastras*, que servem para levar ou fardos de fazenda ou pipas &c. e saõ como o leito de hum carro firmado sobre dois vigotes que saõ os que arrastraõ. A simplicidade deste carro que só tem huma corda atada ao jugo dos bois, he que faz a sua utilidade; serve para carga pequena, e os vigotes já puidos por se terem arrastrado sempre pela rua, com facilidade se deixaõ arrastrar: porém havendo carga maior, he certo que as rodas aliviaõ muito porque fazem passar o Rossado do primeiro genero para o segundo.

Outra experiencia ha constante

que

que prova o que acabo de dizer. Quando os Cocheiros vaõ descer alguma montanha apicada, para que o Coche naõ carregue demaziadamente sobre os Cavalos, mudaõ o rossado do segundo genero no primeiro, e ataõ muito bém ou huma ou ambas as rodas do Coche, de modo que naõ possaõ rodar, mas sómente ser arrastradas, o que elles chamaõ *enraiar*; com esta industria o Coche naõ pode precipitar-se, porque o pêzo o faz hir arrastrando, e a isso ajudaõ os Cavalos; e tanto que chegaõ a baixo á planicie entaõ dezataõ as rodas para rodarem livremente.

Daqui mesmo se tira a razaõ de huma coiza em que muitos naõ advertem. Fora de Portugal os Carros ordinariamente tem rodas de raios como os Coches, que andaõ rodando á roda de eixos; em Portugal (exceto no Alen-tejo) as rodas estaõ prezas ao eixo, de sorte que o eixo rodando faz muito mais reziſtencia nos carros do que fazem as rodas dos coches rodando sobre o eixo. A resistencia que fazem as rodas

dos carros he incrivelmente maior do que nos coches, por cauza das rodas prezas ao eixo, porque o rossado he tanto maior quanto excede a grossura do eixo dos carros á grossura do eixo dos coches: e além disso; sendo as rodas soltas, quando o coche volta, huma roda pode andar mais depressa que a outra; e huma pode andar para diante, e outra para traz; o que naõ pode succeder nas rodas fixas no eixo. Por esta razaõ creio eu que pondo as rodas soltas, os mesmos bois poderáõ levar dobrada carga, se o eixo de ferro a consentir.

Vós estareis admirado de que sendo taõ notoria a differença, nós uzemos de huns carros taõ pouco comodos para os bois. Ora naõ he sem fundamento. Nos Paízes em que ha muitas descidas saõ os nossos carros milhores, porque a difficuldade do rossado no eixo impede que o carro se naõ precipite sobre os bois que descem; e essa difficuldade supre a diligencia de enraiarem as rodas como fazem os Cocheiros;

ora

ora Portugal he hum Paíz todo de montes (exceto o Alentejo) por isso cá uzamos destes carros de rodas fixas nos eixos: em França quazi tudo he plano, e os outros carros de rodas soltas saõ mais comodos. Vamos agora ás Leis do Rossado do 1.º genero, que he o de que se falla.

Lei I.

A resistencia do Rossado cresce na razaõ do pêzo ou pressaõ que oprime o corpo movel contra o fixo.

A Razaõ he; porque naõ sendo os dois corpos Mathematicamente lizos quando hum corpo se arrastra pelo outro as prominencias do movel entraõ e encaixaõ nas cavidades do plano; e em quanto naõ sahem, ou subindo pelo montezinho que se segue, ou arrasando-o, naõ pode o movel seguir a sua linha: Ora quanto maior for o pêzo do movel, mais se enterraõ as suas prominencias nas cavidades do plano,

e mais custa levantar o movel para subir pelos montezinhos ou prominencias do plano que a cada passo se offerecem; logo quanto maior for o pêzo do movel ou pressaõ contra o plano, maior he a resistencia do Rossado.

Daqui vem que com o cebo se diminue muito este rossado; porque enche as cavidades, e a superficie escabroza o fica menos; além disso as particulas do cebo, como pequenos globos vaõ rolando, e fazem em pequeno o que, quando se arrastraõ as pedras, fazem os rolos. Para transportar sem perigo pêzos grandes e de feitio delicado como saõ estatuas de pedra &c. uzaõ de taboas lizas e cebo, fazendo escorregar a taboa que serve de leito á estatua pela outra que está sobre o terreno. Vamos a ver se esta resistencia segue exactamente a razaõ do Pêzo.

Ex-

Experiencia.

POnhamos hum Cilindro horizontal, cujo eixo montado ſobre duas forquilhas, tenha huma vara de ferro com ſeu pendulo. As oſcilaçoens fazem andar o eixo, para huma e para outra parte: prego huma fita em baixo, e lançando-a ſobre o Cilindro lhe penduro ora hum pêzo, ora outro maior; e obſervo quantas oſcilaçoens faz o Cilindro, largando-o ſempre de huma altura. Obſerva-ſe baſtantemente exacto o numero das oſcilaçoens correſponder ao pêzo, com ordem inverſa; iſto he que, pêzo dobrado dá metade das oſcilaçoens.

Lei II.

A reſiſtencia do Roſſado mui pouco ſe augmenta pela razaõ da ſuperficie.

PRova-ſe com a experiencia; porque ſe na maquina precedente ora ponho huma fita larga, ora eſtrei-

treita, ſe o pêzo he o meſmo, o numero das oſcilaçoens naõ diminue notavelmente. A razaõ he, porque ſe he maior o numero de particulas que roſſaõ, ſendo o pêzo o meſmo, reparte-ſe por maior numero, e fica menor a força com que cada qual opprime a ſuperficie.

Lei III.

pequenas, e
enos retardaõ;
em muitas vol-
, em quanto
ómente huma;
nenta o nume-
tempo, mais
ade.
ezes por ſer a
o movel ſalta
minencias, e
reſiſtencia exa-
e o Roſſado.
Eugenio o que
reſiſtencia do
, e ſobre as
Falando geral-
que eu vos ex-
dereis dezejar
ſa-

vimento por ſerem
quanto maiores ſaõ me
porque he precizo dare
tas á roda do ſeu eixo
as rodas grandes daõ ſe
e quanto mais ſe augm
ro de voltas no meſmo
ſe augmenta a velocida
Advirto que ás ve
velocidade grande, o
em claro muitas pron
por iſſo naõ creſce a r
ctamente quanto creſce
Eis-aqui amigo E
me occorre ſobre a
Meio, e do Roſſado
Leis da Mecanica, f
mente. Naõ eſpereis q
plique tudo quanto poc

Lei VI.

A resistencia do Rossado, cresse segundo a Velocidade.

ESta Lei he muito importante, e tambem muito clara; porque se custa arrastrar hum movel por hum plano, fazendo que elle dentro de hum minuto encontre mil prominencias na escabrosidade do plano, e as vença; muito mais hade custar, que esse mesmo movel, nesse mesmo tempo encontre, e vença duas mil: ora se arrastrarem o movel com dobrada velocidade, hade encontrar dobrado numero de prominencias; por conseguinte, sendo a velocidade dupla, hade ser dupla tambem a resistencia do Rossado.

Confirma-se pela experiencia. Ponhamos o Cilindro horizontal que montado sobre duas forquilhas, trabalha por virtude do pendulo annexo ao seu eixo, façamos-lhe hum rego fundo, deforma que fique em metade da grossura, e lancemos a

fi-

fita com o pezo, de que falamos assima (pag. 357.) ora sobre o Cilindro grosso, ora sobre esse rego fundo. Veremos que quanto mais delgado for o Cilindro opprimido pela fita, maior he o numero das vibraçoens, por ser o Rossado menor.

Daqui vem que as rodas pequenas dos coches retardaõ muito o movimento por serem pequenas, e quanto maiores saõ menos retardaõ; porque he precizo darem muitas voltas á roda do seu eixo, em quanto as rodas grandes daõ sómente huma; e quanto mais se augmenta o numero de voltas no mesmo tempo, mais se augmenta a velocidade.

Advirto que ás vezes por ser a velocidade grande, o movel salta em claro muitas prominencias, e por isso naõ cresce a resistencia exactamente quanto cresce o Rossado.

Eis-aqui amigo Eugenio o que me occorre sobre a resistencia do Meio, e do Rossado, e sobre as Leis da Mecanica, falando geralmente. Naõ espereis que eu vos explique tudo quanto podereis dezejar

sa-

ſaber, porque iſſo he impoſſivel, ainda que foſſem volumes muito grandes as minhas Cartas; porém do que eu vos tenho dito, podeis tirar regras geraes, para diſcorrer em tudo quanto encontrardes.

Continuarei neſta communicaçaõ paſſado algum intervalo, que agora bem ſabeis o motivo para deſcançar alguns mezes; porém eſpero que as minhas Cartas vaõ tocando todos os pontos principaes que vos faltaraõ. Sabei amigo que nada me he mais guſtozo, como ſemeiar em bom terreno; e cuido que o voſſo entendimento produz fructos admiraveis com o pouco trabalho que tomo: ſerve-me de conſolaçaõ o que vós chamais diligencia enfadonha. Naõ me priveis das voſſas Cartas, ainda que vos conſte da minha grande lida; que ſempre me ſaõ ſuaves e goſtozas.

Fim do 2.º Tomo.