

Sala 5

Gab. -

Est. 56

Tab. 19

N.º 10

Sala 5^ª
Gab. —
Est. 56
Tab. 19
N.º 10



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
Biblioteca Geral



1301088135

b16829827

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

Nº

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PARA O ACTO

DE

CONCLUSÕES MAGNAS

NA

FACULDADE DE MATHEMATICA

POR

José Joaquim Pereira Falcão



COIMBRA
IMPRESA DA UNIVERSIDADE
1869

DISSERTATION INAUGURALE

PARA O ACTO

CONFERENCIA MAGNA

FAKULTAD DE MEDICINA

Jose Joaquín Ferrer Caballero



IMPRESA DE LA UNIVERSIDAD DE LA HABANA
1912

ARGUMENTO

L'Esprit de la nature et les sciences de la nature, ces proscrits du vieux temps, rentrent irresistibles. C'est la réalité; la substance elle-même qui vient chasser les vaines ombres.

J. MICHELET, *La Sorcière*.

L'œuvre de la nature et les sciences de
la nature ont pendant de longs temps
trouvé leur point d'appui dans la religion. La
philosophie elle-même qui s'est élevée sur
cette base.

J. B. Rousseau, Les Éléments

ARGUMENTO

Qual seria o effeito de um meio resistente no movimento dos corpos, que compõem o systema planetario?

ARGUMENTO

Qual sera o effeito de um meio resistente ao movimento
dos corpos, que compoem o systema planetario?

INTRODUÇÃO

Todo o problema, quer da natureza, quer do espirito, se pode encarar debaixo de tres pontos de vista differentes: debaixo do ponto de vista theologico, metaphysico, ou meramente scientifico. O problema, que estamos encarregados de discutir, não se subtrahе a esta lei descoberta por Augusto Conte.

É certo que a indole d'este trabalho não nos permite, nem de relance, examinar como, nas diversas cosmogonias religiosas, se tem explicado a gènese e o equilibrio do mechanismo celeste. Mas não podemos dizer o mesmo em relação aos outros dois modos por que se pode encarar o problema que a faculdade de mathematica, em congregação de 10

de março de 1866, escolheu para argumento d'esta nossa dissertação inaugural, e que se enuncia do seguinte modo: *Qual seria o effeito de um meio resistente no movimento dos corpos, que compõem o systema planetario?*

Wronski foi o unico mathematico, dos que conhecemos, que encarou este problema debaixo do ponto de vista metaphysico. Segundo este illustre geometra, existem, na applicação das mathematicas ao mundo physico, tres grandes problemas, a saber: 1.º a construcção mechanica do universo pelos corpos celestes, que é objecto da mechanica celeste; 2.º a construcção mechanica da terra, e em geral dos globos celestes, pela materia, que é o objecto da geologia mathematica ou da mechanica terrestre; 3.º a construcção mechanica da materia pelas suas forças geradoras, o que constitue o objecto da physica mathematica.

Pelo que diz respeito ao problema da mechanica celeste, tem uma triplice solução; solução philosophica, algorithmica e dynamica. Wronski apresenta a solução dynamica do problema na segunda parte do 1.º volume do *Messianismo*, onde determina as forças technicas, ordinariamente chamadas perturbadoras, considerando-as como dependendo da influencia ou attracção reciproca dos corpos celestes que formam um systema do mundo, ou que reagem sobre um tal systema; sem todavia excluir

d'estas forças a influencia de todas as outras causas possiveis, como, por exemplo, a pretendida resistencia do meio em que se movem os corpos celestes. É nestas forças, determinadas por Wronski, que este geometra encontra as condições de *periodicidade* que regula os movimentos dos astros, e por consequencia as condições da permanente estabilidade do equilibrio mechanico dos corpos celestes. D'aqui se vê que Wronski, ao inverso do que fez Laplace quando estudou a acção das forças perturbadoras, considerou duas ordens de forças: umas, as que elle denomina forças technicas, são as causas intimas e inherentes aos corpos do systema; outras, são as causas estranhas ou exteriores a esses corpos, como, por exemplo, a resistencia de um meio, ou ainda a fórma dos corpos do systema considerado.

Nós, que não nos podemos elevar com o grande geometra ao ponto de vista da philosophia do absoluto, temos, todavia, dois criterios decisivos para poder aceitar a sua reforma da mechanica celeste: 1.º, pelo que diz respeito ao fim, vemos a determinação *completa e rigorosamente exacta* de todas as leis astronomicas fundamentaes, ao lado das simples aproximações da mechanica celeste de Laplace; 2.º, pelo que diz respeito aos meios, vemos o emprego exclusivo do methodo synthetico na descoberta de todas aquellas leis fundamentaes. A me-

chanica celeste, tornada assim uma sciencia puramente racional, que nada pede á experiencia, lança fóra dos seus alicerces as leis empiricas que até hoje lhe serviam de base, como eram as leis de Kepler, e sobre tudo a lei de Newton, que não são mais do que simples corollarios da *lei suprema* descoberta pelo grande geometra. É do concurso harmonico de todas as forças, intrinsecas ou extrinsecas aos corpos celestes, que Wronski faz derivar o eterno equilibrio dynamico do systema do mundo.

Pelo que diz respeito ao modo meramente scientifico por que se póde encarar a questão, referir-nos-hemos aos trabalhos de Laplace e Pontécoulant. A analyse dos trabalhos d'estes geometras será o objecto do 1.º capitulo da nossa dissertação, o qual será seguido de dois outros capitulos, em que daremos uma breve ideia das tentativas modernas, a fim de resolver o problema da mechanica celeste seguindo uma ordem de ideias inteiramente novas.

**Analyse do problema, tal como foi tractado
por Pontécoulant e Laplace**

Começa Pontécoulant por dizer que a resistencia, que um corpo em movimento pode experimentar pela reacção do fluido que atravessa, depende em geral da densidade do fluido e da velocidade que possui o movel. Suppõe que a resistencia é proporcional ao quadrado da velocidade, supposição garantida, para aquelle auctor, pelo accordo da hypothese com grande numero de phenomenos observados á superficie da terra, o que lhe faz crer ser esta realmente a lei da natureza.

Em quanto á lei da densidade do fluido ethereo, que cerca o sol, suppõe-a Pontécoulant absolutamente desconhecida, pois que a propria existencia de similhante fluido a julga elle de todo problematica. Entrétanto é elle de opinião que, em geral,

se deve suppor esta densidade diminuindo na razão inversa da distancia ao sol, devendo-se consequentemente suppor nulla a distancias infinitas. De harmonia com estas ideas dever-se-ha pois considerar a densidade do meio como uma funcção desconhecida da distancia ao centro do sol, e fazer sobre a fórma d'esta funcção differentes hypotheses, das quaes se escolherá a que melhor se harmonisar com a observação.

Chamando ds o elemento da curva, descripta pelo planeta m , no instante dt , e $\rho \left(\frac{ds}{dt}\right)^2$ a expressão da resistencia do fluido que elle atravessa; sendo ρ , que representa a lei da densidade do meio, uma funcção qualquer da distancia do planeta ao centro do sol, de modo que em geral será $\rho = K \varphi \left(\frac{1}{r}\right)$

sendo r o raio vector do planeta, e K um coeficiente constante. Ora, como a resistencia se exerce em sentido opposto ao movimento do planeta, multipli-

cando a sua expressão pelos cosenos $\frac{dx}{ds}, \frac{dy}{ds}, \frac{dz}{ds}$ dos angulos que forma o elemento ds com os eixos co-

ordenados, serão as tres componentes respectiva-

mente parallelas a estes eixos $-\rho \frac{dx}{dt} \frac{dx}{dt}, -\rho \frac{dy}{dt} \frac{dy}{dt}, -\rho \frac{dz}{dt} \frac{dz}{dt}$.

Para determinar as perturbações que estas forças introduzem no movimento do planeta, suppõe-se a sua orbita uma ellipse variavel, cujos elementos se determinam pelo methodo geral, que Pontécoulant apresenta na sua *theoria analytica do systema do mundo*.

Sem seguirmos Pontécoulant nos seus calculos, apenas aqui apresentamos os seus resultados, pois julgamos ser de todo inutil ao nosso intento tornar demasiado extenso este trabalho com a reproducção de calculos extremamente longos, quando só nos é preciso discutir a plausibilidade das suas hypotheses, e apreciar o valor das formulas que dão os elementos das orbitas dos planetas, quando attendermos á acção da força perturbadora, devida ao meio resistente.

As formulas obtidas por Pontécoulant, que dão as variações dos elementos da orbita elliptica, devidas á resistencia do meio que o planeta atravessa, são as seguintes:

$$p = 0,$$

$$q = 0,$$

$$da = -2 a^2 \rho du \sqrt{\frac{(1 - e \cos u)^3}{1 - e \cos u}},$$

$$de = -2 a (1 - e^2) \rho du \cos u \sqrt{\frac{1 + e \cos u}{1 - e \cos u}},$$

$$ed\omega = -2a\sqrt{1-e^2}\rho\,du\,\text{sen}\,u\sqrt{\frac{1+e\cos u}{1-e\cos u}},$$

$$ed\varepsilon = 2a\rho\,du(1-\sqrt{1-e^2}-e^3\cos u)\sqrt{\frac{1+e\cos u}{1-e\cos u}} \quad (a)$$

$$d\zeta = 3a\,du(1-e\cos u)f\rho\,du\sqrt{\frac{1+e\cos u}{1-e\cos u}}.$$

(As letras que figuram nestas formulas têm todas uma significação constante e conhecida na mecha-nica celeste; por isso julgamos escusado estar a de-finil-as).

Resta pois, para resolver o problema, integrar aquellas formulas. Para isso ha necessidade de suppor conhecida a lei de densidade do meio, que dissemos ser representada por ρ . Ora ρ dever-se-ha suppor uma quantidade muito pequena, pois que as perturbações, causadas pela resistencia do fluido ethereo são pouco consideraveis (phrase textual de Pontécoulant), o que nos auctorisa a desprezar o quadrado, bem como a suppor que a e e são constantes no segundo membro das equações precedentes; demais que poderíamos, por approximações successivas, attender aos termos desprezados.

O valor de ρ , como já fica dicto, será em geral uma funcção dada da distancia r do planeta ao cen-

(a) Parece-nos que está errado este valor, e que deverá o 2.º membro multiplicar-se por $\text{sen}\,u$.

tro do sol; e fazendo nesta funcção $r = a(1 - e \cos u)$, e multiplicando-a por $\sqrt{\frac{1 + e \cos u}{1 - e \cos u}}$, poderemos desenvolver-a em serie ordenada, segundo os cosenos de u e seus multiplos, serie que será da fórma $A + e B \cos u + e^2 C \cos 2u + \dots$ sendo A, B, C funcções das potencias pares de e , que alem d'isso, diz ainda Pontécoulant, deverão considerar-se como quantidades positivas, quando supponmos a densidade decrescendo na razão inversa da distancia ao sol.

Para realizar a integração das formulas precedentes substituiremos nellas este valor de ρ , e obter-se-hão os valores de cada um dos elementos ellipticos da orbita, expressos em series ordenadas em relação ás potencias ascendentes da excentricidade.

Se a orbita é pouco excentrica, como tem logar em relação aos planetas, e é uma pequena fracção; desprezando os termos dependentes do quadrado e das potencias superiores da excentricidade, teremos

$$\delta a = -2 a^2 [A u + e(A+B) \text{sen } u],$$

$$\delta e = -2 a [A \text{sen } u + \frac{1}{2} e B (u + \frac{1}{2} \text{sen } 2u)],$$

$$\zeta = \frac{3}{2} a n (A u^2 - 2 e B \cos u),$$

$$e \delta \omega = 2 a \left(A \cos u + \frac{1}{4} e B \cos 2 u \right),$$

$$\delta \varepsilon = -a \delta \left(A \cos u + \frac{1}{4} e B \cos 2 u \right) \dots (a)$$

Estas formulas mostram que a longitude do perihelio, bem como a da epocha, só estão sujeitas a variações, cujo periodo não excede a duração de uma revolução do planeta; em quanto á inclinação da orbita, e á longitude do nodo vê-se, por serem $p=0$, $q=0$, que o meio resistente não altera a posição da orbita, quando se attende só á primeira potencia das forças perturbadoras; mas ainda mesmo que attendessemos ao quadrado d'estas forças, apenas acharíamos que aquelles dois elementos da orbita eram affectados de variações de curto periodo.

Attendendo pois só ás desigualdades, que um longo intervallo de tempo, pode tornar sensiveis, resulta

$$\delta a = -2 a^2 A u, \delta e = -a e B u, \zeta = \frac{3}{2} a n A u^2,$$

$$e \delta \omega = 0, \delta \varepsilon = 0, \delta p = 0, \delta q = 0;$$

d'aqui conclue-se que a resistencia do meio nunca poderá alterar nem a posição do plano da orbita, nem a posição do perihelio; mas como A e B são,

(a) Estas formulas são as de Pontécoulant, mas corrigidas d'alguns pequenos erros.

por *hypothese*, como diz Pontécoulant, quantidades positivas, segue-se que aquella resistencia fará de crescer indefinidamente, e por grãos insensíveis, o eixo maior e a excentricidade. Assim a orbita cada vez se approximarás mais da fórma circular, o que traz como consequencia uma desigualdade secular na expressão da longitude media, e por tanto na duração da revolução do planeta.

Vê-se pois que a resistencia do meio produz uma acceleração crescente no movimento angular do planeta, e por consequencia, em cada revolução, uma diminuição no tempo periodico.

Conclue-se de tudo isto que, por effeito da resistencia do meio ethereo, a orbita se approxima cada vez mais da fórma circular, em quanto que a distancia média do planeta ao sol, diminuindo continuamente, deverá acontecer que o planeta se vem a precipitar sobre este astro. Ou então, se os coefficientes A, B forem negativos, o planeta affastar-se-ha indefinidamente até se ir perder nos ultimos confins do espaço.

Portanto, se fossem rigorosas as formulas precedentes, concluiríamos que na ellipse ideal, que segue o curso dos planetas em volta do sol, nada ficaria invariavel; que os elementos d'esta ellipse deixariam d'oscillar eternamente em volta de certos valores medios; e a gravidade deixaria de ser a alma previdente e conservadora do equilibrio do

mundo, para se converter no principio destruidor da harmonia do universo. Ficariam assim desmentidas as conclusões de Newton, Lagrange e Laplace. Ora, como até hoje as observações ainda não indicaram a minima influencia da acção resistente do meio no movimento dos planetas, fica bem patente a completa contradicção dos resultados da analyse de Pontécoulant quando os comparamos com o resultado das observações astronomicas.

Agora cabe-nos explicar esta frisante antinomia, o que tentaremos fazer, mas depois d'estendermos a analyse precedente até aos cometas.

Em relação a estes astros basta-nos attender ás desigualdades seculares, que a resistencia do meio pode introduzir no movimento dos cometas, occupando-nos tão sómente das variações do eixo maior, da excentricidade e do medio movimento, pois que as variações do perihelio e as da longitude da epocha são variações de curto periodo.

Para fazermos a critica d'esta segunda parte do problema, temos d'apresentar os resultados a que chegou Pontécoulant, bem como as hypotheses em que assentam os seus calculos, calculos demasiados extensos para que os possamos reproduzir.

Em quanto ás hypotheses, temol-as de duas ordens. Umas, são as mesmas de que aquelle auctor lança mão quando tracta a primeira parte do problema; porisso é inutil reproduzil-as. Outras, va-

mos apresental-as, reservando-nos para depois emitirmos a nossa opinião a seu respeito.

Para determinar os valores de δa , δe e ζ , tem Pontécoulant de determinar dois coefficients, que designa por A e B , obtidos por uma integração que depende d'uma transformação, que reduza aquelles coefficients á fórma d'integraes ellipticos, redução, que, confessa aquelle auctor, só se pode effectuar quando se suppozer a lei da resistencia expressa por uma serie composta d'um numero qualquer de termos, e ordenada em relação ás potencias descendentes do raio vector r multiplicadas por coefficients constantes.

Ora Pontécoulant acha para δa , δe e δn , dois systemas de valores differentes, segundo emprega, em relação á lei da resistencia, uma ou outra das hypotheses seguintes:

Na primeira hypothese, que é o caso mais simples, suppõe que a densidade do meio é a mesma em todos os pontos da orbita.

Na segunda hypothese, diz elle que considera o caso que parece indicado como sendo o que realmente tem logar na natureza, em virtude da analogia que apresenta com grande numero de phenomenos semelhantes que têm logar á superficie da terra; é este o caso em que a densidade do meio diminue na razão inversa do quadrado da distancia do astro ao nucleo envolvido pelo meio resistente.

Com estas hypotheses, feitos todos os calculos, acha Pontécoulant os valores de δa , δe e δu , expressos em funcção do angulo u , o que accusa uma variação eternamente progressiva no eixo maior e excentricidade das orbitas dos planetas, bem como na duração da sua revolução periodica.

Ora haverá algum facto no mundo cometario, que esteja d'accordo com as consequencias que se tiram das formulas de Pontécoulant? Reservamos para mais tarde responder a esta pergunta.

Agora, como atrás promettemos, vamos tractar de explicar a frisante contradicção que existe entre os resultados das observações astronomicas e as formulas que accusam uma variação eternamente progressiva no eixo maior, excentricidade e longitude média dos planetas, por effeito do meio resistente.

Parece-nos que temos dado razão sufficiente d'aquella contradicção, logo que mostremos que todos ou a maior parte das hypotheses de Pontécoulant, são pouco plausiveis, contradictorias, e até mesmo absurdas. A primeira hypothese de Pontécoulant, que é de todas as suas hypotheses a mais plausivel, suppõe que a resistencia, que um corpo em movimento pode experimentar pela reacção do fluido que atravessa, depende em geral da densidade do fluido e da velocidade do movel.

Parece-nos que esta resistencia depende tambem

da fórma do corpo; e é certo que innumerous phenomenos, observados á superficie da terra não nos deixam duvida sobre a existencia d'aquella influencia. Todavia não queremos tirar d'aqui argumento, porque achamos perigoso estabelecer analogias entre phenomenos passados na atmosphaera terrestre e phenomenos, que se dão no fluido que occupa os espaços interplanetarios.

Emquanto á segunda hypothese, diz Pontécoulant «suppõe-se ordinariamente a resistencia proporcional ao quadrado da velocidade; e o accordo d'esta hypothese com grande numero de phenomenos observados á superficie da terra parece indicar ser com effeito esta a lei da natureza.» Vejamos o valor d'esta hypothese.

É sabido que todos os geometras, desde Newton, quando têm tentado resolver o problema da resistencia que os fluidos offerecem ao movimento dos corpos, partem da hypothese que esta resistencia se deve considerar como devida a uma serie de percussões do movel contra as moleculas dos fluidos. Partindo d'aqui acharam, para exprimir o valor da resistencia R ,

$$R = \frac{1}{2} \pi \Delta r^2 v;$$

sendo Δ a densidade do fluido, em repouso, v a velocidade do movel, e r o raio do corpo supposto espherico. Ora Newton concluiu que os fluidos re-

sistem só a metade do que indica a formula precedente; e tirou esta conclusão tomando a experiencia por guia nas indagações sobre a natureza dos fluidos. Ora a conclusão que eu tiro d'esta contradicção da formula com as experiencias, é a seguinte: ou as experiencias de Newton, apesar de serem *experiencias feitas por Newton*, não revelaram áquelle elevado espirito a lei da natureza; ou a hypothese de que deriva a fórmula é de todo absurda e contraria ás leis naturaes.

O sr. Castro Freire, um dos mais illustres professores, que teve a faculdade de mathematica, diz nos seus elementos de mechanica racional, referindo-se á theoria da resistencia dos fluidos:

«Pela simples exposição d'esta theoria vê-se, que ella se funda, como diz Poisson, sobre uma comparação vaga da acção do fluido com a percussão dos corpos, e sobre a hypothese inadmissivel, de que nesta percussão as moleculas do fluido obram isoladamente sobre o movel e sem exercerem acções mutuas umas sobre as outras. Como já vimos, as experiencias de Newton mostram, que a grandeza absoluta da resistencia dada pela theoria precisa ser modificada; e a proporcionalidade d'esta resistencia ao quadrado da velocidade é tambem em alguns casos desmentida pela experiencia, mostrando a diminuição das amplitudes que se observa nas oscillações muito pequenas do pendulo, que ella é en-

tão proporcional a essas velocidades muito pequenas. Além d'isso, para calcular a resistencia dos fluidos, é necessario metter tambem em conta o movimento d'estes.»

Demais, parece-nos um imperdoavel abuso de logica estabelecer identidade de resultados, quando não pode haver analogia de causas. Pois haverá nada mais absurdo do que suppor no ether uma constituição e modo d'obrar semelhantes ao da atmosphera do nosso planeta?

Pontécoulant, dominado pela idea de uma tão absurda analogia, diz mais, fallando da lei da densidade do ether «entretanto deve suppor-se, em geral, que esta densidade diminue á medida que cresce a distancia ao sol, e que se torna nulla a distancias infinitas.» Assim suppõe que o ether não é mais do que a atmosphera do sol. O ether espalhado pelo universo sem limites, subordinado a um corpo que é menos do que um ponto no seio do espaço infinito! Ha ainda outra hypothese de Pontécoulant, que não poderemos acceitar sem algum escrupulo; é a seguinte: quando tracta de integrar as formulas que dão os elementos differenciaes da orbita perturbada, suppõem ser ρ uma quantidade muito pequena, pois que as perturbações, causadas pela resistencia do fluido ethereo são pouco consideraveis, o que o auctoris a desprezar-lhe o quadrado. Esta conclusão parece-nos que só *a posteriori*

se poderia deduzir, e que ha tambem aqui uma petição de principio. Diz mais Pontécoulant, quando desenvolve ρ em serie, que os coeficientes A, B, C d'essa serie dever-se-hão considerar como quantidades positivas, quando supponmos a densidade decrescendo na razão inversa da distancia ao sol. E mais adiante diz que A, B, C são, por *hypothese*, quantidades positivas. Ora no primeiro caso, não vemos como se possa concluir que são positivos aquelles coeficientes, pelo facto de densidade de crescer segundo a lei indicada. No segundo caso, é uma *hypothese* gratuita, que torna inúteis e sem applicação as formulas deduzidas de similhante supposição. Alem d'isso, representando a funcção da resistencia por $\rho = \varphi \left(\frac{1}{r} \right)$, nas proximidades do sol r torna-se cada vez menor, sendo infinitamente pequeno nas partes em contacto com a superficie do sol, o que dá ao ether uma densidade infinita á superficie d'este astro, o que é inacreditavel, e que não tem mesmo significação alguma *physica*.

Do que deixamos dicto parece-nos poder concluir, que as formulas a que chegou Pontécoulant não podem, por um vicio de origem, encerrar em si a lei da acção do ether sobre os planetas do nosso systema.

Alem d'isso parece-nos que ha um outro vicio geral, no modo porque Pontécoulant estabelece

o grande problema de mechanica celeste; e vem a ser, que quando tracta de determinar a direcção das forças perturbadoras, toma, para esta direcção as tres coordenadas quaesquer do espaço, o que constitue uma determinação meramente arbitraria d'aquella direcção, emquanto é certo que aquellas coordenadas nada têm de commum com a natureza do problema, mas sómente são as condições geraes do espaço no qual elle tem logar.

Mas o vicio capital de Pontécoulant, ou para melhor dizer de Laplace, pois que Pontécoulant não fez mais do que reproduzir o que já estava feito por Laplace, o vicio capital, dissemos, é um vicio logico pelo qual Laplace, querendo demonstrar a estabilidade do systema planetario, parte do principio que a excentricidade das orbitas permanecerá eternamente uma quantidade muito pequena, d'onde elle conclue a invariabilidade dos eixos maiores, em quanto por outro lado parte da invariabilidade dos eixos maiores para tirar a conclusão de que as excentricidades permanecerão sempre muito pequenas. Este vicio que faz cair por terra toda a mechanica celeste de Laplace foi tornado patente pela primeira vez por *Wronski* na sua *Reforma das mathematicas*. Com effeito ali se mostra que o eixo maior das orbitas não é invariavel, ainda mesmo que a excentricidade fosse uma quantidade muito pequena, e ainda mesmo que se empregassem for-

mulas mutiladas, seguindo o systema, introduzido por Laplace na mechanica celeste, e se desprezassem os termos affectados de potencias superiores da excentricidade, pois que ainda assim se acharia o eixo maior expresso em funcção de forças perturbadoras não periodicas. É verdade que ali se diz, que esta influencia é pouco sensivel no nosso systema solar. Mas, quando se tracta do *Principio da ordem*, isto é, da *Periodicidade* dos movimentos do systema do mundo, a maior ou menor variação permanente é egualmente contraria ao estabelecimento d'um tal principio.

Assim, reconheceu Wronski, como uma verdade infallivel, que, ainda mesmo quando a excentricidade fosse uma quantidade muito pequena, e que a relação das massas perturbadoras para as massas centraes fosse egualmente muito pequena, não se poderia considerar o eixo maior das orbitas como invariavel, e sobre tudo não se poderia considerar esta pretendida invariabilidade como o principio da limitação dos desvios no movimento dos astros, e por consequencia como o principio da periodicidade d'estes movimentos, como fez Laplace. Ora é este erro que Wronski tornou bem patente, mostrando manifestamente que elle repousa sobre o principio, que, num systema de corpos celestes, tal como o nosso systema solar, a excentricidade das orbitas permanecerá sempre muito pequena, isto é, por-

que na essencia é o mesmo, ficará eternamente invariavel. Mas então, se fosse verdadeira esta supposição, seria esta invariabilidade das excentricidades, que seria o principio da invariabilidade do eixo maior das orbitas, e por consequencia o principio primario da estabilidade de todo o systema, d'esta estabilidade que Laplace quer fazer derivar da invariabilidade do eixo maior das orbitas; porque, como mostra aquelle grande geometra, a invariabilidade do eixo maior teria logar na supposição primaria e fundamental que a excentricidade permanecerá sempre muito pequena, ou, o que é a mesma cousa, invariavel.

Portanto, na deducção feita por Laplace, haveria pelo menos o vicio logico de tomar a consequencia d'um principio manifesto pelo mesmo principio. Mas ainda ha mais que isso, e é, que esta supposição da invariabilidade da excentricidade é completamente infundada, ou, pelo menos, não admissivel *a priori*. Assim pode dizer-se, que na mechanica celeste de Laplace ou de Pontécoulant, não existe nenhum principio de estabilidade do systema do mundo, isto é, de periodicidade nos movimentos dos astros, que possa fixar entre elles um equilibrio permanente, quer consideremos o problema na sua maxima generalidade, quer o consideremos debaixo do ponto de vista particular da resistencia do ether. Alem d'isso o erro de Laplace, que é já

tão grande numa hypothese conforme ao nosso systema solar, onde as excentricidades das orbitas são actualmente quantidades muito pequenas, torna-se verdadeiramente monstruoso, quando se admite, como deverá admittir-se para outros systemas de corpos celestes. sobretudo para o systema universal d'estes corpos, com excentricidades quaesquer, e com relações quaesquer entre as massas dos astros que obrem assim em virtude de suas massas.

E mesmo, no nosso systema solar, as orbitas dos cometas, pelas suas grandes excentricidades, e pelas suas grandes inclinações, sáhem das condições suppostas por Laplace, e accusam a falsidade do pretendido principio da limitação dos desvios e consequentemente da estabilidade d'um systema de corpos celestes. Conclue pois o grande geometra que temos citado, que em nenhum systema de corpos celestes se pode considerar o eixo maior das orbitas como sendo o principio da limitação dos desvios nos movimentos dos astros d'este systema, nem por consequencia como principio da sua permanente estabilidade; porque, numa tão momentosa questão como é a da construcção mechanica do mundo, e sobre tudo a questão da permanencia nesta decisiva e immensa construcção, não se poderia considerar verdadeiro senão o que é universalmente verdadeiro, porque a não ser assim, não haveria nenhuma condição fixa e certa para a estabilidade do mundo.

Em quanto á acção do ether sobre os cometas, diz Pontécoulant: «a materia etherea, se por ventura existe em volta do sol, poderia ter, como vimos, uma influencia sensivel sobre o movimento dos cometas, em razão da sua pequena densidade e da sua proximidade do sol, quando passam no perihelio. Com effeito, notou-se que o cometa de curto periodo de 1819, de todos os cometas o mais conhecido, nas diversas vezes que voltava ao perihelio, apresentava algumas desigualdades, que o calculo das suas perturbações não podia explicar, e que se julgou deverem attribuir-se ao effeito da resistencia d'um meio muito raro.» Ora parece-nos que explicámos sufficientemente aquella discordancia apontada por Pontécoulant, logo que demonstramos a incompetencia das suas formulas para darem a lei da resistencia do meio.

Como atrás dissemos as formulas de Pontécoulant, que dão os valores de δa , δe e ζ , repousam sobre duas ordens de hypotheses. Umas, são as mesmas de que aquelle auctor lança mão, quando tracta o problema em relação aos planetas; outras, são especiaes para o caso dos cometas.

Em relação ás primeiras já demos a nossa opinião. Em quanto ás segundas passamos a examinal-as. Começou o Pontécoulant por transformar os coeficientes A e B em integraes ellipticos, unica

maneira de resolver o problema; mas aquella transformação funda-se na hypothese de que a funcção que exprime a lei da resistencia, é expressa por uma serie composta d'um numero qualquer de termos, e ordenada em relação ás potencias, descendentes do raio vector multiplicadas por coeficientes constantes. Ora é evidente que ha muito de gratuito nesta hypothese. Primeira difficuldade portanto. Em segundo logar suppõe que a densidade do meio é a mesma em todos os pontos da orbita, o que é uma contradicção manifesta com a hypothese, já apresentada por aquelle auctor, de que a densidade do ether decrescia na razão inversa da distancia ao sol. E torna-se tanto mais frisante a contradicção das duas hypotheses, quanto é sabido que a immensa maioria dos cometas se affastam do sol a distancias prodigiosas, podendo nós dizer de alguns d'aquelles a que na astronomia se attribuem orbitas prrabolicas, que se affastam a distancias infinitas, isto é, que a sua orbita passa em regiões do céo, onde, segundo a primeira hypothese, a densidade do ether é nulla.

Ficando pois demonstrado, que as formulas, que dão as variações dos elementos das orbitas dos cometas em virtude da acção perturbadora do ether, assentam em hypotheses inadmissiveis, claro está que a epocha em que aquelles astros voltam ao pe-

rihelio deve necessariamente apresentar-se discordante com a epocha da passagem annunciada por aquellas formulas. Parece-me que assim cáem por terra os argumentos deduzidos das observações do celebre cometa de *Enche*: e seria até maravilha que a sua passagem annunciada pelo calculo coincidisse com a sua passagem effectiva.

Da existência d'um novo planeta

É um facto incontestavel e v'ly dizer que, por mais da vista, tem-se conhecido dos objectos que se acham afastados do sol, pertencendo esse grupo ao que se conhece vulgarmente a designação d'um planeta especial, denominado *Júpiter*, e que se supõe se mover no espaço entre os planetas e os cometas.

A existência d'esse planeta é muito conhecida na obra de *Newton* e *Kepler* e *Newton* supõe que se move em torno do sol, e *Kepler* supõe que se move em torno do planeta *Júpiter*. De qualquer modo, a existência d'esse planeta é muito conhecida na obra de *Newton* e *Kepler* e *Newton* supõe que se move em torno do sol, e *Kepler* supõe que se move em torno do planeta *Júpiter*.

Da existencia d'um meio resistente

E um facto incontestavel e vulgar que, por meio da vista, temos conhecimento dos objectos que se acham afastados de nós, phenomeno este que traz como consequencia necessaria a existencia d'um agente especial, differente da materia ponderavel, interposto no espaço entre aquelles objectos e os nossos olhos.

A este agente deu-se o nome de *fluido luminoso* ou *ether*. Alem d'isso é preciso tambem suppor este fluido constantemente em movimento, porque só assim se concebe o phenomeno de nos serem reveladas, passado um certo intervallo de tempo, as diversas mudanças por que passam aquelles objectos. É tambem egualmente certo que este movimento deve partir dos corpos, quer elles possuam, sendo

por si mesmos luminosos, a faculdade de o produzir, quer elles o reenviem em todas as direcções, no caso de o terem recebido d'um corpo luminoso extranho.

Ha dois modos de conceber este movimento luminoso: num caso suppõe-se a luz composta d'uma infinidade de moleculas, lançadas em todas as direcções pelos corpos luminosos, similhantemente a uma chuva de projectis, que atravessam o espaço e que vem penetrar os corpos, ou ser por elles reflectidos, até penetrarem no olho, onde produzem o phenomeno da visão. É esta a hypothese de Newton, conhecida na sciencia pelo nome de theoria da *emissão*; ou então, suppõe-se que o agente luminoso é um fluido extremamente tenue, que enche os espaços, e cujas moleculas recebem e transmittem os movimentos vibratorios, produzidos pelos corpos luminosos, do mesmo modo e segundo as mesmas leis, que os meios elasticos ponderaveis recebem e transmittem as vibrações sonoras. Foi esta a theoria de Descartes, Huyghens e Fresnel, e é ella a unica hoje admittida: na sciencia é conhecida pelo nome de theoria das ondulações.

Dissemos que o grande pleito, que ha seculos anda travado entre as duas theorias, se tinha decidido no tribunal da sciencia a favor da theoria das *ondulações*. Façamos uma analyse rapida dos motivos que deram a esta theoria a victoria sobre

a sua rival, apezar de estar cercada do prestigio do grande nome de Newton.

A sciencia moderna, herdeira legitima do methodo meramente experimentalista, inaugurado por Bacon, só regista nos seus annaes, como verdades unicas e incontestaveis os principios e leis que se lhe apresentam directamente nascidas da observação e da experiencia. É pois a experiencia o seu oraculo, escutemol-o neste grande pleito.

O phenomeno da refração é absolutamente inexplicavel na theoria da emissão. Segundo esta theoria a velocidade da luz augmenta quando passa d'um meio menos denso para outro mais denso; ora as experiencias de Fresnel e Foucault mostraram que era exactamente o contrario que tinha logar.

A perfeita identidade que ha na natureza do movimento que produz os phenomenos luminosos, com a natureza do movimento ondulatorio do fluido atmospherico, em relação aos phenomenos acusticos, dão-nos a plena convicção de que os phenomenos luminosos são devidos ao movimento vibratorio do ether. Fresnel mostrou como, acrescentando luz á luz, se pode produzir obscuridade, phenomeno que se comprehende e explica na theoria das ondulações, mas que é absolutamente inexplicavel, quando se considera a luz como uma substancia. Experiencias delicadissimas, feitas por Foucault e Fiseau mostram tambem que o calor acres-

centado ao calor pode produzir frio, phenomeno explicavel na theoria das ondulações, logo que se mostre a identidade dos phenomenos calorificos e luminosos. Ora esta identidade é uma conquista da physica moderna.

Com effeito Jamin, no seu tractado de physica, depois de ter relatado as experiencias as mais delicadas sobre a irradiação do calor, diz: «Pode suppor-se que a causa do calor é a mesma que a da luz. Nós faremos ver que a luz se explica, se admittirmos que existe no espaço um ether elastico continuo capaz de transmittir com uma velocidade muito grande movimentos vibratorios muito rapidos. Estas vibrações do ether impressionam a retina do mesmo modo que as vibrações do ar affectam o ouvido. Demonstra-se que se uma somma de vibrações em numero infinito, differentes pela rapidez das suas oscillações, existirem sobrepostas numa direcção unica, separar-se-hão atravessando um prisma, desviando-se menos as que forem menos rapidas, e formando, assim, um espectro em que se seguem umas ás outras, segundo a ordem crescente da rapidez dos seus movimentos. Sendo isto assim, suppõem-se, na actual theoria do calor, que as vibrações do ether, que são menos rapidas e menos refrangiveis, produzem calor sem affectar o olho, e formam o espectro calorifico obscuro, e que, a um certo limite de rapidez de oscillação, co-

meçam a impressionar a retina sem deixar de aquecer os corpos que as recebem, e que em seguida as vibrações, que são cada vez mais rapidas, produzem todas as luzes, desde a luz vermelha até á violeta, e todos os calores correspondentes. Nesta hypothese, não haveria pois, segundo uma mesma direcção de refracção, senão um unico movimento vibratorio; mas teria duas propriedades e produziria dois effeitos: a propriedade e effeito luminoso, e a propriedade e o effeito calorifico, etc.»

Pode-se pois afirmar que, alem dos corpos, ha uma substancia que os envolve e penetra, e que enche todo o universo. Dizemos que enche todo o universo, porque julgamos que não haverá em parte alguma do espaço, e em tempo algum, um lugar, onde de todo se ache aniquilado o movimento ethereo, em qualquer das suas mais esplendidas manifestações; já como raio de luz ou calor; já como gravitação; porque no capitulo seguinte havemos de mostrar que o ether, verdadeiro Protheu, revestindo todas as formas, se revela ao astronomo no phenomeno da gravidade, como já se revelou ao physico debaixo da forma de luz e calor.

A theoria das ondulações parece-nos ainda preferivel á das emissões, se attendermos á prodigiosa velocidade da luz. Esta velocidade, deduzida por Roemer dos eclipses dos satellites de Jupiter, depois por Struve do phenomeno da aberração, depois

ainda por F'iseau por meio dos espelhos rotatorios, e finalmente por Foucault, é, em numeros redondos, de 300:000 kilometros por segundo. Mas o pensamento familiarisa-se melhor com uma tal velocidade, quando se explica o phenomeno por meio d'um choque successivo de moleculas vibratorias d'um fluido, do que suppondo a translação d'uma substancia no espaço.

Do que fica dicto parece-nos poder concluir, que o calor e a luz não são senão movimentos. Os trabalhos de Joule, Mayer e Hirn conseguiram até fixar já a equivalencia que existe entre o calor e o trabalho mechanico, bem como determinaram o principio e a razão d'esta equivalencia. Com effeito vendo-se que o trabalho é o deslocamento d'uma massa e por tanto um movimento, que o calor é o deslocamento de moleculas, e portanto outro movimento, nada mais natural do que suppor que estes dois movimentos se podem mutuamente substituir, e transformar-se um no outro, segundo relações fixas e determinadas pelas leis da mechanica. Desde que esta idea nova se revelou ao espirito humano, o horizonte da sciencia não tem feito senão recuar cada vez mais os seus limites. Pode-se mesmo dizer, que a grande industria moderna assenta completamente no principio da transformação do calor em trabalho.

Assim podemos dizer, que a idea que regenerou

a industria foi a mesma que já tinha regenerado a sciencia, esta idea fecunda, que veio mostrar que o calorico, a luz, o som e a electricidade não são mais do que movimentos da materia ponderavel ou imponderavel, movimentos sem os quaes não poderiamos conceber a substancia, que só nos é revelada pela qualidade da côr, da luz ou do som, que desappareceriam no instante em que fosse aniquilado todo o movimento.

É pois ao movimento e só ao movimento do ether que devemos attribuir os phenomenos luminosos e calorificos. E é a theoria das ondulações que explica todos os phenomenos opticos os mais delicados e os mais complexos. Todavia os physicos, guiados por esta notavel theoria, encontraram deante de si uma difficuldade capital. Examinemol-a, pois, e vejamos se ella é realmente insolavel. A sciencia sabe como as ondas progressivas se propagam a partir d'um centro de vibração; pode seguir-as passo a passo e conhecer o movimento vibratorio de cada ponto num momento dado. Todavia existe um ponto, um unico, cujo movimento permanece desconhecido: este ponto é a origem. Tudo se explica, menos o que se passa no foco d'onde parte a impulsão luminosa. Para satisfazer ás condições da theoria e á explicação dos phenomenos, a analyse mathematica conduz-nos a esta singular conclusão: o centro da superficie das ondas deve executar vi-

brações d'uma amplitude infinita e em todas as direcções ao mesmo tempo; o que é physicamente impossivel.

Não haverá pois solução para esta difficuldade? Terá o espirito humano de ver cair deante do absurdo uma das suas mais fecundas creações? Vejamos.

Se considerarmos o corpo luminoso, não como formado de moléculas isoladas, mas como encerrando dentro em si uma outra especie de materia, então desaparece a difficuldade, e egualmente se dissipa o absurdo de suppormos que o centro das ondulações executa vibrações d'uma amplitude infinita em todos os sentidos. Deverá então considerar-se como verdadeiro meio vibrante a materia encerrada no interior do corpo luminoso, e a materia ponderavel, executando uma funcção meramente passiva, não fará mais do que receber o choque ou reflexo d'aquellas vibrações, ás quaes ella, pela sua passibilidade inerte, modifica a velocidade e a direcção.

Desde que imaginemos os atomos cercados de uma atmospherá imponderavel e vibrante, concebe-se então muito bem que um atomo se torna o centro de ondulações periodicas. Acontece então, segundo uma comparação de Lamé, alguma cousa de analogo ao phenomeno que apresentaria a superficie da agua d'um tanque cheio de pequenos

fluctuadores cylindricos lastrados se fizessem descrever a um d'elles muitas oscillações successivas. O fluctuador agitado tornar-se-hia o centro d'um systema d'ondas circulares, que se propagariam á superficie do liquido, em quanto que os outros fluctuadores mover-se-iam como a agua ambiente. Esta materia hypothetica, mar immenso onde navegam os atomos da materia ponderavel, é o ether.

É pois sobre uma hypothese que assenta a immensa construcção da physica moderna. Mas dizer isto não será o mesmo que sujeitar á duvida a existencia d'aquillo mesmo cuja verdade pretendemos afirmar? De certo que não.

Não ha duvida que os sentidos não percebem directamente esta singular substancia, differente de todas as substancias conhecidas, que em toda a parte está e em nenhuma se vê ou apalpa, o que justifica estas palavras da sciencia moderna: o ether existe porque deve existir; mas no homem ha alguma cousa superior aos sentidos, é a razão, e a sciencia, como diz Laugel, não é só filha da experiencia, é tambem, e sobre tudo, filha da razão.

III

O ether considerado como principal agente nos phenomenos da gravitação

É sabido que a cosmogonia de Laplace se acha hoje de todo banida da sciencia. A distribuição das massas e das densidades nos planetas offerece anomalias inconciliaveis com ella. Alem d'isso, na celebre hypothese de Laplace, não ha nada que justifique a inclinação que entre si têm os planos das orbitas, por muito pequena que seja esta inclinação. Alem d'estas grandes difficuldades ficam ainda inexplicaveis as grandes inclinações das orbitas cometerias, bem como as suas prodigiosas excentricidades. Vejamos, pois, se na concepção do ether encontramos alguma idea nova e fecunda, que nos possa revelar o verdadeiro mechanismo dos céos.

A sciencia, tendo registrado nos seus annaes a

formula da attracção universal, tem-se contentado em achar nesta formula a expressão geral de todos os movimentos dos corpos. Todavia descobrir esta formula não é tudo. A insaciavel ambição do desconhecido, que em todos os tempos tem impellido o espirito humano á busca de novos horizontes, veiu formular um problema novo, a que a sciencia deve dar prompta e segura solução. Este problema é o seguinte: A gravidade é uma causa ou um effeito? A gravidade produz o movimento ou é produzida por elle? Ora nós na formula newtoniana que vêmos? Massas, isto é, resistencia ao movimento, e attracções. Mas por ventura a materia póde *resistir, attrahir*? Qual é o laço invisivel que liga uma molecula do sol a uma molecula da terra, e os reune através do vacuo? Que idea deveremos formar da attracção universal? Se uma causa sobrenatural suspendesse, num dado instante, o curso actual dos astros, conservariam elles por ventura a sua propriedade attractiva, ou precipitar-se-hiam para algum centro desconhecido? Só poderiamos responder a estas perguntas quando soubessemos se a gravidade era ou não uma propriedade da materia, independente de todo o phenomeno de movimento; e quando soubessemos se os corpos celestes foram tirados do repouso por meio d'um impulso inicial e instantaneo.

Mas poderiamos nós conceber que a gravidade

fosse uma propriedade intrinseca á materia, independente de todo o phenomeno de movimento? Uma similhante concepção seria a negação completa de toda a mechanica, porque iria destruir-lhe a base, negando a inercia da materia. Encontramos, pois, no modo por que até hoje se tem concebido a natureza, duas ideas perfeitamente antinomicas, e que mutuamente se repellem: attracção e inercia; pois que attribuindo á materia um principio d'acção, que lhe seja intrinseco, nunca a poderíamos suppor inerte. O proprio Newton, quando proclamou a lei da attracção universal, fez suas reservas. Este grande geometra, depois de ter descripto os movimentos planetarios, acrescenta: «expliquei até aqui os phenomenos celestes e os do mar pela força da gravitação; mas em parte alguma assignei a causa d'esta gravitação. Esta força vem d'alguma causa que penetra até ao centro do sol e dos planetas, sem nada perder da sua actividade: ella obra segundo a quantidade da materia, e a sua acção estende-se a todas as partes, a distancias immensas, decrescendo sempre na razão dupla das distancias. . . . Não pude ainda deduzir dos phenomenos a razão d'estas propriedades da gravidade, e não imagino hypotheses. Basta que a gravidade exista, que obre segundo as leis que acabam de ser expostas, e que possa explicar todos os movimentos dos corpos celestes e do mar» diz mais ainda «exprimo pela pa-

lavra attracção o esforço que fazem os corpos para se approximarem uns dos outros, quer este esforço resulte da acção dos corpos que mutuamente se procuram, ou se agitam uns aos outros por emanções, seja que elle resulte da acção do ether, do ar ou qualquer outro meio, corporeo ou incorporeo, que impelle uns para os outros, d'um modo qualquer, todos os corpos que ahi fluctuam.» Assim Newton deixou a questão em suspenso. Este grande geometra, depois de ter varrido do espaço os turbilhões de Descartes, não fez mais do que suppor, que os corpos celestes, arrastados pela força centrifuga, e dirigidos pela attracção, segundo a lei que descobriu, se movem num vacuo completo sem encontrar resistencia. Esta theoria, d'uma simplicidade grandiosa, foi soffregamente abraçada por philosophos e theologos, porque reduzindo o astronomo á necessidade de admittir uma impulsão inicial para explicar os phenomenos da mechanica celeste, faz de algum modo apparecer o dedo omnipotente do Creador na origem de todos os phenomenos cosmicos, e colloca assim o homem em face d'um Deos, que por um acto de sua omnipotente vontade, tira os mundos do cahos, para os lançar no espaço sem limites, abandonando os depois por toda a eternidade ás leis da gravitação.

Ora os espaços celestes, que Newton deixou vazios, encheu-os de novo a physica moderna. Por

toda a parte existe a materia, em toda a parte existe movimento. Descartes, dizia «Ha uma certa quantidade de movimento em toda a materia creada, que não augmenta nem diminue, e assim, quando um corpo faz mover outro, perde tanto movimento quanto communica, assim quando uma pedra cæe sobre a terra, se ella não volta para cima e pára, concebo que isto é devido a que ella, chocando a terra, lhe communica todo o seu movimento.» Mas na natureza alem d'estes choques de que falla Descartes, alem de movimento das grandes massas ha o movimento atomico, ha o movimento da substancia etherea. O atomo, possuido d'uma energia que nunca cansa, oscilla num movimento perpetuo, quer esteja encerrado no seio das grandes massas, quer esteja perdido nos espaços ethereos, onde fluctuam os astros. A sciencia moderna justificou o horror dos antigos ao vacuo. Um raio de luz que desce do sol á terra é uma columna d'ether em vibração. No vasio barometrico ainda ha alguma cousa; este desconhecido, cuja massa é tão tenue, que bem mereceu o nome de imponderavel, está ainda animado da energia universal. Ha ainda uma temperatura no vasio barometrico, e este vasio pode servir de vehiculo a todas as forças directoras, como a gravidade e o magnetismo.

Assim, podemos dizer que a substancia é um mar em movimento, mas nós só percebemos como tal o

movimento visível; os movimentos moleculares só nos são revelados como *qualidades*, calor, luz, electricidade, magnetismo. Estes phenomenos não são mais do que as formas mudaveis d'uma energia suprema e universal, que nada gasta, nada augmenta e nada diminue. No universo existe uma quantidade constante de força viva. Esta força, transformando sem cessar os corpos, transforma-se por seu turno, e apparece umas vezes como *qualidade*, outras vezes como gravidade. Da mesma maneira que senão pode crear ou destruir um atomo da materia, do mesmo modo podemos, pois, dizer, que senão pôde crear nem destruir movimento, porque, suppol-o, seria negar as leis da inercia, que nos diz que não pôde a materia perder o seu movimento senão communicando-o, e nem pode achar-se animada de movimento que lhe não tenha sido communicado.

Mas como é que a idea de movimento, combinada com a idea do ether explica os phenomenos de gravitação? Do modo seguinte:

O ether, espalhado por todo o universo, envolve e penetra todos os corpos. Esta substancia suppol-a composta d'atomos, que mutuamente se chocam, e vão egualmente chocar os corpos que envolvem. Este meio universal exercerá uma pressão continuada sobre as moleculas de materia ponderavel. Em quanto á sua natureza, poderemos defini-lo pelas suas propriedades intimas — impenetra-

bilidade e inercia, alem d'isso devemos suppol-o imponderavel, porque, segundo as ideas que estamos expondo, se duas moleculas materiaes se atrahem, produzindo o phenomeno da ponderabilidade, é porque o choque do meio ambiente as impelle uma para a outra. Em vista do que se pode dizer que o ether produz a attracção material sem lhe estar sujeito; suppõe-se demais que os atomos, chocando-se, divergem depois do choque em todos os sentidos. Ora aqui offerece-se a seguinte difficuldade. Para ter logar este phenomeno de choque e repulsão será preciso suppor os elementos ethereos dotados de elasticidade, o que se não concebe, porisso que as ideas d'atomo e de elasticidade são incompativeis.

Este obstaculo acha-se completamente removido pelos estudos de Poinot sobre os corpos *girantes*. Com effeito, os trabalhos d'este illustre geometra, explicam como os atomos ethereos se podem chocar, reflectindo-se, sem haver necessidade de os suppor elasticos. Para isso basta concebel-os animados d'um movimento de translação, e d'um movimento rotatorio. Dos theoremas formulados por Poinot resulta, que um corpo duro e não elastico pode, achando-se animado d'um movimento giratorio, ser repellido por um obstaculo, exactamente do mesmo modo que os corpos elasticos; ainda mais, muitas vezes este corpo duro, possui uma

velocidade maior do que tinha antes, porque uma parte da sua rotação se mudou em translação. Mostrou mais Poinot que, em geral, quando um corpo que gira vem chocar um obstaculo, não pode perder ao mesmo tempo os seus dois movimentos; a não ser em alguns casos theoricos, que não vêm nada para o nosso caso. Se o choque passa pelo centro de gravidade do corpo, poderá elle suspender a sua translação, mas não a sua rotação. Os dois movimentos transformam-se parcialmente um no outro, de modo a produzir os phenomenos mais variados. Suppondo pois, que os atomos ethereos se acham animados d'um movimento de rotação, a theoria que expomos explica cabalmente o deslocamento lateral na ondulação luminosa. E a existencia d'este movimento transversal da onda luminosa está posta em toda a evidencia pelos phenomenos da polarisação.

Posto isto, imaginemos o ether uniformemente espalhado no espaço; concebamos mais que os seus atomos, animados de movimentos de projecção e de movimentos rotatorios se chocam mutuamente do modo que indicámos. Alem d'isso supponhamos haver em um dos pontos d'este meio uma causa especial e permanente de agitação; como, por exemplo, uma molecula pesada, e que egualmente se acha animada d'um movimento vibratorio.

Nestas circumstancias, a agitação produzida irá

espalhar-se na massa etherea e, em razão da natureza do meio, propagar-se em todos os sentidos. Os atomos mais proximos á molecula pesada receberão choques violentos, serão violentamente repellidos, as suas fileiras rarerão na visinhança do centro d'agitação, e a camada contigua á molecula tornar-se-ha menos densa que o resto do meio. Continuando a persistir esta acção motriz, irá este mesmo effeito propagar-se de camada em camada através do espaço, e como resultado final, achar-se-ha o ether distribuido em volta do centro de agitação em camadas concentricas, e d'estas, as que estiverem mais visinhas da molecula pesada, serão as menos densas, e depois irão successivamente augmentando de densidade, do que resultará, ser a differença de densidade das camadas contiguas inversamente proporcional á superficie d'estas espheras concentricas, cujo centro é a molecula agitada, isto é, inversamente proporcional aos quadradados dos raios.

Posto isto, supponhamos que uma segunda molecula se acha num ponto qualquer d'este systema. Esta molecula encontrará, do lado da primeira, camadas d'ether menos densas do que do lado opposto: chocada pelo ether em todos os sentidos, receberá todavia menos choques do lado da primeira molecula, e tenderá por tanto a approximar-se d'ella. Assim vai apparecendo a causa da gra-

vidade. A segunda molecula é impellida para a primeira, porque encontra camadas ethereas de densidades differentes, e a energia d'esta acção será inversamente proporcional ao quadrado da distancia entre as duas moleculas. O que acabamos de referir a duas moleculas isoladas, egualmente se applica a dois corpos. Mas esta variação de densidade do ether, será tanto maior, quanto maior for o corpo.

Diremos, pois, que tanto para os astros, como para os graves á superficie da terra, a attracção não é mais do que esta tendencia á approximação, devida a impulsões externas. Mas aqui apresenta-se a seguinte duvida: Qual será o motivo por que só em relação ás moleculas materiaes se produz o effeito que descrevemos, e porque não terá elle logar á volta dos atomos ethereos?

Esta duvida dissipa-se logo que attendamos a que no meio da massa etherea, onde não existe molecula alguma material, tudo será symetrico em relação a cada atomo, e se quizessemos suppor que o effeito referido se produz á volta de cada atomo ethereo, é como se elle realmente não tivesse logar á volta de nenhum; e, assim, ainda o meio ficaria uniformemente denso; será preciso um centro vibratorio para lhe romper a uniformidade.

Nem se supponha, que na hypothese referida, ha o vicio de termos de suppor, arbitrariamente,

a fôrma espherica aos atomos e moleculas, porque para explicar a regularidade dos choques, e a symetria dos seus effeitos, não é preciso attribuir-lhes uma tal fôrma. Demais d'isso, a theoria das rotações ensina que os choques não dependem da fôrma exterior dos corpos, e que podemos sempre imaginar que um solido, de fôrma qualquer, pode ser substituido por um globo de fôrma ellipsoidal.

Não é pois preciso attribuir aos atomos ou ás moleculas a fôrma redonda: e não ha portanto o perigo de admittirmos uma hypothese, que se possa taxar de arbitraria.

Não suppomos que a explicação, que acabamos de esboçar, tenha o character de evidencia necessaria para poder substituir a hypothese newtoniana. Apenas a mencionamos para não deixar esquecido neste trabalho uma tendencia feliz da sciencia moderna.

Para concluir diremos ainda duas palavras a respeito d'alguns argumentos com que se tem querido combater a existencia do ether.

Diz-se que a existencia d'este fluido deve retardar a marcha dos astros, e que os planetas, em virtude da resistencia do ether, se devem approximar do sol, quando por outro lado a astronomia ainda não descobriu symptoma d'um tal effeito. Mas quem nos diz que não existe realmente tal retardamento?

Póde muito bem ser que elle exista mas ainda insensível, attendendo á tenuidade do fluido, e tanto mais que os calculos mostram que uma tal resistencia só encurtaria de tres metros por anno a distancia da terra ao sol, o que, só no periodo de 6:000 annos, daria a diminuição d'um segundo no anno: ora o estado das observações astronomicas não permite distinguir uma tal consequencia no meio das perturbações já conhecidas da orbita terrestre. Não havendo factos decisivos nos movimentos planetarios, a discussão dirigiu-se para os cometas. É certo que a extrema tenuidade d'estes astros os deve tornar muito sensiveis á resistencia do meio ethereo; mas é tambem egualmente certo que as perturbações exercidas sobre elles pelos planetas são considerabilissimas.

Quando o cometa de Stewell atravessou em 1770 os satellites de Jupiter, a duração da sua revolução foi bruscamente reduzida de cincoenta annos a cinco e meio. Ora como é possivel discernir, no meio de perturbações d'esta ordem, a influencia do ether? Emquanto ao cometa d'Encke, de que falámos no capitulo primeiro, mostrou com effeito o calculo, que a acceleração no seu medio movimento se não podia attribuir toda ás perturbações planetarias; ora, alem das razões que atrás démos para invalidar este argumento, temos a acrescentar que

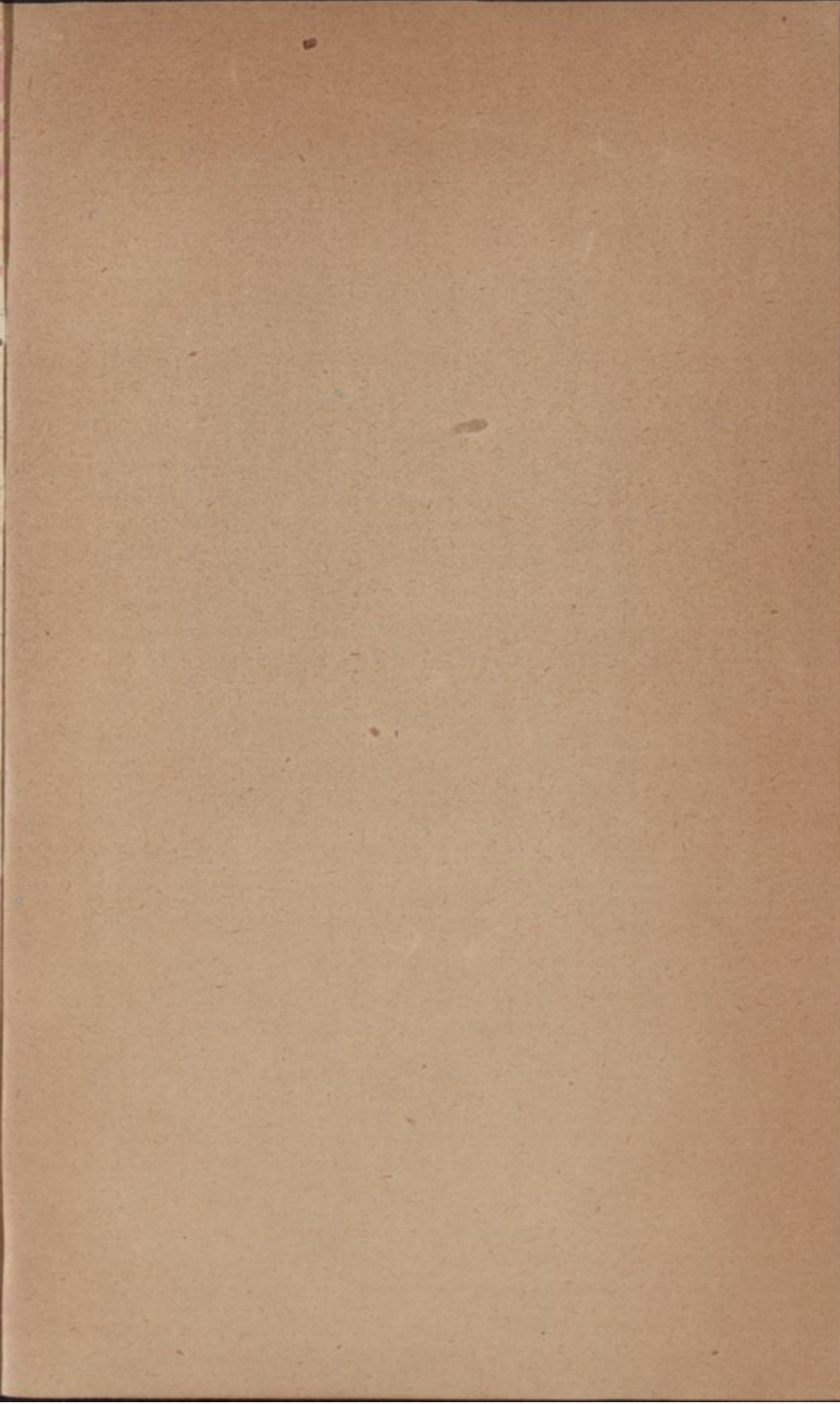
uma conclusão, tirada d'um facto unico, no meio da incerteza que ainda existe sobre a maior parte das particularidades do movimento cometario, não se pode admittir como bem rigorosa. Assim, as observações astronomicas não offerecem facto algum caracteristico a respeito da resistencia do meio, e nada se pode concluir da marcha dos planetas e cometas.

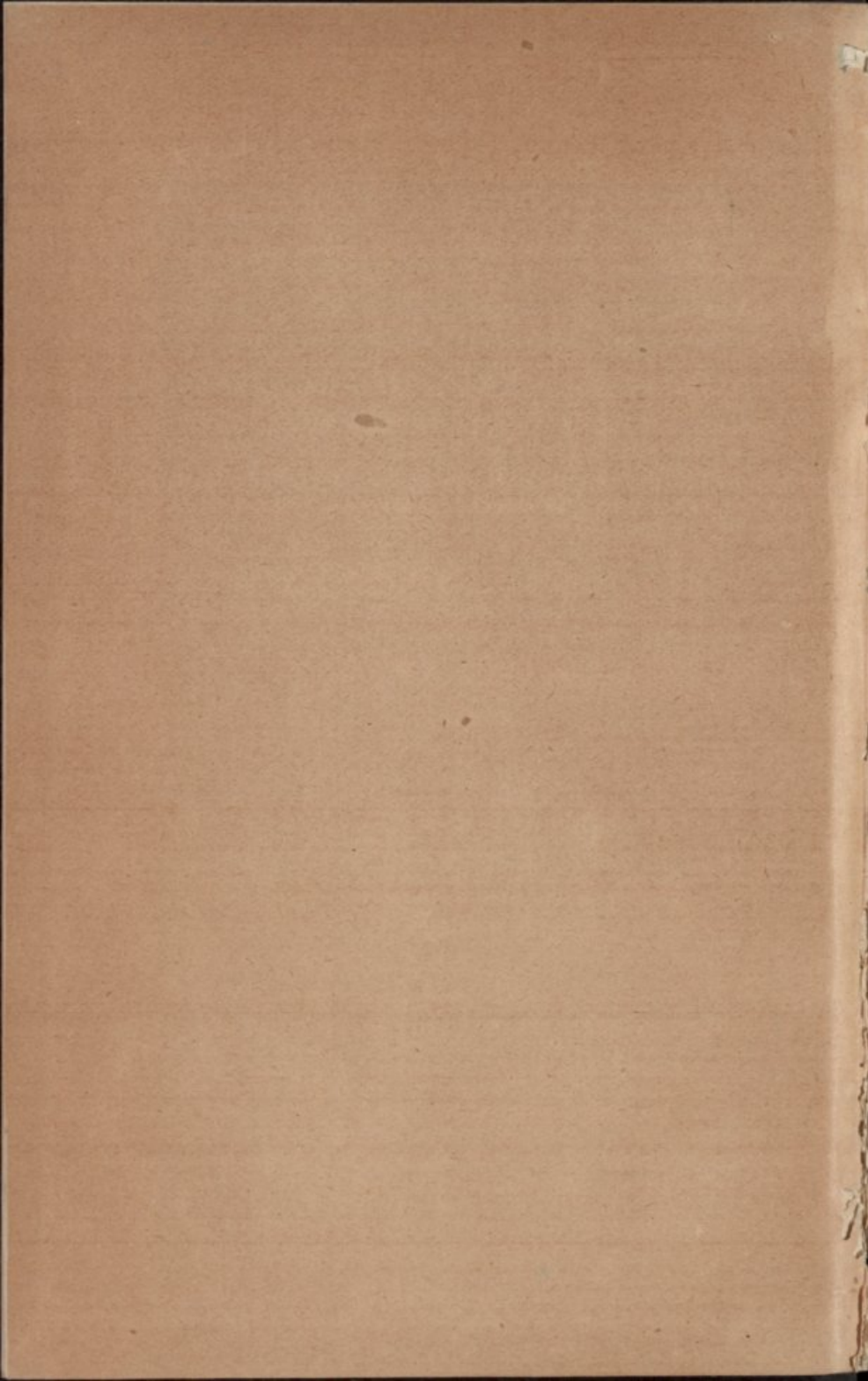
Vejamos agora se a nova theoria da attracção esclarece o problema. A analyse mathematica reduz a duas forças as causas que produzem o movimento curvelineo dos astros: uma força inicial de impulsão ou velocidade adquirida tende a dirigi-los em linha recta, emquanto que a gravidade incessantemente lhes inflecte o curso. Ora é este equilibrio dinamico, estabelecido pelos astronomicos fóra de toda a noção do ether, que parece comprometido desde que os physicos admittiram a existencia d'um meio universal; o ether deverá desarranjar esta ponderação de duas forças instituidas sem o seu concurso. Mas se agora conhecermos qual é a origem d'uma, pelo menos, d'aquellas duas forças, a questão muda de face. Já se não poderá suppor o ether estranho ao equilibrio celeste, pelo contrario o ether era um dos elementos d'esse equilibrio, sem que d'isso houvesse consciencia. Assim, a acção do ether será determinar a attracção e inflectir o curso dos astros. Ficará assim patente que

a funcção do ether não é figurar como força perturbadora no equilibrio celeste, mas sim um dos principios geradores d'esse equilibrio.

Fica assim explicado o enigma da astronomia não ter até hoje encontrado nos céos os vestigios d'um meio resistente.

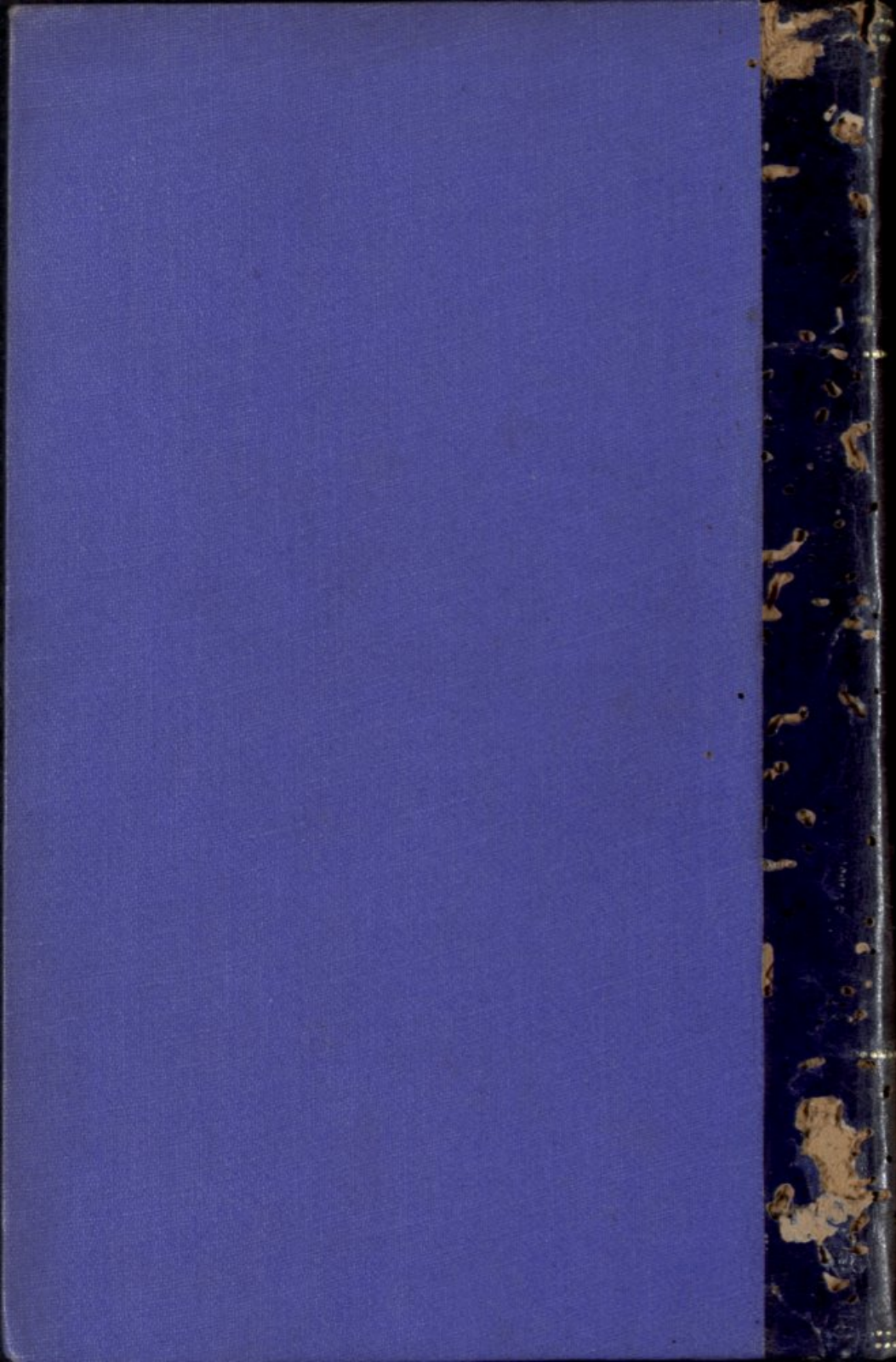
FIM.







60984 81800



1869

DISSERTAÇÃO

IN AUCURIA

MATHEMATICA