

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

Sala 5
Gab. —
Est. 56
Tab. 19
N.º 21

Sala 5
Gab. —
Est. 56
Tab. 19
N.º 21



MOVIMENTO DO CENTRO DE GRAVIDADE DO SYSTEMA PLANETARIO

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PARA O ACTO

DE

CONCLUSÕES MAGNAS

NA

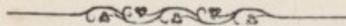
FACULDADE DE MATHEMATICA

POR

Alfredo Filgueiras da Rocha Peixoto

La science conduit l'esprit humain des plus simples prémisses aux plus hautes conceptions, et lui ouvre ces champs sillonnés par la lumière où des myriades de mondes germent comme l'herbe de la nuit.

A. DE HUMBOLDT.



COIMBRA
Imprensa da Universidade
1870

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

PHYSICS DEPARTMENT

PHYSICS 309

CONDUCTORS

LECTURE NOTES

BY

ROBERT H. DICKINSON



CHICAGO, ILL.

AO

MEU PAI,

À SUA ESPOSA E MINHA TIA

D. ROSA CANDIDA FILGUEIRAS PEIXOTO

E

AOS MEUS TIOS

RODRIGO ANTONIO DA ROCHA PEIXOTO

E

MANUEL BENTO DA ROCHA PEIXOTO

10

REVUE

DE

LA

REVUE

DE

REVUE

Meu Pae,

*Expressar certos sentimentos é profanal-os.
É um sentimento assim o que me impõe o grato
dever de offerecer-vos tão singelamente este livro, obra
mais vossa do que minha.*

Vosso filho

Alfredo.

Minha Mãe,

*Um triste presentimento ensinou-me a chamar-vos
assim, desde criança.*

O vosso coração fez-me vosso filho.

*Offereço-vos o que offerecêra á minha Mãe, se não
a houvera perdido.*

*Demais, qualquer trabalho litterario meu é obra
tambem da primeira pessoa que me ensinou a distin-
guir as letras do alphabeto, com a paciencia que Deus
só concede ás mães.*

Vosso filho

Alfredo.

1845

The first of the year was a
very dry season. The
crops were all ruined. The
people were all starving.
The government was all
ruined. The people were all
starving. The government was
all ruined. The people were
all starving.

1846

1847

Meus Tios,

Quando, no fim de cada anno academico, eu ia ao nosso formoso Minho descansar dos trabalhos passados e ganhar forças para os que haviam de vir, encontrei sempre acolhimento franco e amigo nas vossas casas, onde passaram muitos dos dias mais felizes da minha vida.

Amado por vós como filho, escrevo os vossos nomes na pagina em que escrevi os dos meus Paes.

Vosso sobrinho

Alfredo.

1848

1848

1848

1848

ARGUMENTO

Dado pela Ex.^{ma} Faculdade de Mathematica em Congregação de
27 de outubro de 1869:

**O movimento do centro de gravidade do systema plane-
tario tem ou não lugar?**

Le repos absolu n'existe pas dans
l'univers. Tout est en mouvement,
et c'est dans cette loi universelle du
mouvement que réside la condition
de la stabilité du monde.

CAMILLE FLAMMARION.

ASSEMBLÉE

Assemblée des députés de la législature de la République
de la République de France

Il est décidé de tenir la session de la législature de la République
de la République de France

La session de la législature de la République de France
de la République de France

INTRODUCCÃO

Do livro da historia
Volvamos as folhas, que a musa da gloria
Em nuvens ethereas sentimos descer!

A. A. SOARES DE PASSOS.

INTRODUCTION

The first of the two parts of this book is devoted to a general survey of the history of the subject. The second part is devoted to a detailed study of the various theories which have been advanced to explain the phenomena which are observed.

Importancia da Astronomia e da sua historia. Fim d'esta sciencia e divisão da sua historia em cinco periodos: *Astronomia Contemplativa, Geometrica, Telescopica, Analytica* e *Physico-Chimica*. Exposição mui succinta de cada um. Breves considerações sobre os progressos futuros da Astronomia. Indole dos seus principios. Distribuição das materias d'esta obra.

«A historia da Astronomia é uma parte essen-
«cial da historia do espirito humano. Esta sciencia,
«que nasceu nos campos e entre os pastores, tem
«subido desde os homens mais simples até aos es-
«píritos mais sublimes. Magestosa pela grandeza
«do seu objecto, curiosa pelos seus meios de inves-
«tigação e maravilhosa pelo numero e pela natu-
«reza das suas descobertas, é talvez a medida da
«intelligencia humana e a prova do que póde fazer
«o homem com tempo e com genio. Se o espirito
«humano não ha encontrado aqui a perfeição, que

«em tudo lhe é negada, em nenhum outro genero
 «de trabalhos ha desenvolvido mais recursos e
 «mostrado mais sagacidade. É interessante remon-
 «tar aos tempos em que começou esta sciencia; ver
 «como se hão encadeiado as descobertas e como
 «os erros se hão misturado com as verdades, de-
 «morando o seu conhecimento e estorvando os seus
 «progressos; e finalmente, tendo seguido todos os
 «tempos e percorrido todos os climas, contemplar
 «o edificio fundado nos trabalhos de todos os se-
 «culos e de todos os povos.»

Com estas eloquentes palavras abre Bailly a sua obra *Histoire de l'Astronomie Ancienne*, revelando um brilhante talento e mostrando a excellencia e a alta importancia da sciencia dos céos. Nós que temos d'escrever sobre um ponto importante d'esta sciencia, nós que pela illustradissima Faculdade de Mathematica fomos encarregados da resolução d'um dos problemas mais curiosos do systema do universo, pedimos venia para a transcripção d'essas palavras á veneravel memoria do illustre sabio, que honrou o seculo passado como observador habil e industrioso, como calculador excellente e infatigavel, como geometra profundo e penetrante, como escriptor erudito e d'alto engenho e finalmente como nobre e liberal presidente da Assembleia Nacional da França no glorioso anno 1789,

sendo em 12 de novembro de 1793 victima da mais sanguinaria tyrannia (1).

Demais, devendo nós apresentar em traços rapidos os progressos da Astronomia, desde os tempos mais remotos até aos nossos dias, e devendo fazer um esboço fiel das ideias que successivamente têm ido apparecendo sobre a constituição do universo, esboço que, apezar de ligeiro, é necessario como «um aviso salutar contra as illusões especulativas» como diz Daubrée, justo é prestar tal homenagem ao homem que emprehendeu a historia da Astronomia, quando a sciencia não possuia obra alguma d'este genero (2), e que foi uma grande illustração do espirito humano.

* *

(1) Laplace, na sua obra *Exposition du système du monde*, exprime-se assim sobre este seu amigo, tão illustre, como desgraçado:

«Depois de ter honrado a sua vida com trabalhos uteis á sciencia e á humanidade, com as suas virtudes e com um character nobre, morreu victima da mais sanguinaria tyrannia, offerecendo a tranquillidade e a dignidade do justo contra as affrontas d'um povo que o havia idolatrado».

(2) É certo que em 1741 publicou Weidler uma historia da Astronomia; mas não passa ella d'uma simples relação

Determinar os movimentos, as dimensões, as posições, a constituição physica e a composição chimica dos corpos celestes; conhecer os phenomenos que resultam da combinação dos seus differentes movimentos; e finalmente ligar entre si as causas de todos estes phenomenos para estabelecer a theoria do universo: tal é o grandioso fim da Astronomia, cuja realisação exige paciencia extrema, intelligencias privilegiadas, trabalho aturado e tempo immenso.

Apparecem assim tres partes bem distinctas na Astronomia: a observação, ou a resenha dos phenomenos; os resultados das observações, ou a descoberta da cadeia que liga entre si os diversos phenomenos; e finalmente a theoria, ou a explicação dos phenomenos pelas leis da Mecânica, da Physica e da Chimica (3). Tendem todas estas partes

dos astrónomos de todos os tempos e de todos os paizes. É, como diz Delambre, «um repertorio excellentemente feito e mui digno de ser consultado; mas apenas indica «os livros cuja leitura póde interessar a um astrónomo».

A primeira obra d'este genero é sem duvida a de Bailly, que a enriqueceu com discursos, tão eloquentes, como interessantes.

(3) Os *Estatutos* da nossa Universidade, de 1772, uma das mais brillhantes glórias do nosso paiz, reduzem as li-

para o mesmo fim—o conhecimento dos astros—; mas são diversas no seu objecto, no seu caminho e nos seus progressos.

Descendo desde os tempos mais remotos até aos nossos dias, como procedeu Bailly, encontramos a historia dos progressos d'esta sciencia dividida mui naturalmente em cinco periodos.

Comprehende o primeiro todo o tempo decorrido desde a mais alta antiguidade até á escóla da Alexandria, onde apparece pela primeira vez um systema combinado de observações feitas com instrumentos proprios para a medida dos angulos, fundando-se então a Astronomia na Geometria elemental. É o periodo da *Astronomia Contemplativa*, elegante expressão de François Arago.

Com o brilhante invento do telescopio termina o segundo periodo, que póde dizer-se o da *Astronomia Geometrica*.

~~~~~  
 ções proprias da Astronomia aos tres pontos seguintes, que diz capitaes:

«I. *Adquirir o conhecimento dos Fenomenos, deduzido da observação: 2.º Mostrar a razão physica d'elles: 3.º Estabelecer em consequencia da mesma razão as Regras do Calculo necessarias para determinar os mesmos Fenomenos para qualquer instante dado.*

Curso Mathemat., Liv. 3.º, Part. 2.ª, Tit 4.º, Cap. 4.º

O terceiro, o da *Astronomia Telescopica*, estende-se até á época em que a *Analyse* veio aperfeiçoal-a.

Começa então o quarto, o da *Astronomia Analytica*, que terminou, ha poucos annos ainda.

No seculo actual abre-se o quinto periodo com a maravilhosa descoberta de Kirchoff e de Bunsen. É o periodo que vae decorrendo e em que a *Astronomia* é a applicação aos céos, não só da *Dynamica Terrestre*, mas tambem da *Physica* e da *Chimica*. É o periodo da *Astronomia Physico-Chimica*.

\* \* \*

*Astronomia Contemplativa*. — N'este periodo foi embalado apenas o berço d'esta sciencia. «O primeiro pastor que, elevando os olhos para a abóbada celeste, desejou conhecer o numero e o movimento dos astros, foi o primeiro inventor da «*Astronomia*» (4). Foi o primeiro observador. Foram os seus olhos os unicos instrumentos de que dispoz; uma deliciosa e inquieta curiosidade o unico incentivo á observação; e paciencia, attenção e tempo os seus unicos auxiliares.

---

(4) Bailly, *Histoire de l'Astronomie Ancienne*.

Se quizermos assistir ao sorprendente espectáculo do nascimento d'esta sciencia, busquemos, atravez de todos os seculos, a simplicidade dos primeiros pastores, subamos assim a um d'esses lugares em que

O homem vive e sente  
Mais longe d'este mundo,  
Mais proximo dos céos,

na poetica linguagem de Soares de Passos, e contemplemos o firmamento n'uma d'essas noutes d'encanto em que, na mesma linguagem,

A luz infinita  
Dos astros crepita,  
Arqueja e palpita,  
Serena a brilhar

e em que

A lua, qual chamma,  
Que os seios inflamma,  
Fanal de quem ama,  
Desponta no céu.

Imaginar-nos-hemos no centro do universo, como no trono da natureza, cobertos por vasto docel de saphíra recamado de brilhantes astros — *luzeiros que mão invisivel ahí accendeu para delicias dos nossos olhos.* — Ir-se-hão elevando uns até começa-

rem a descer para o lado opposto; luzirão outros percorrendo um circulo sem tocarem ponto algum do horisonte; fixo no mesmo ponto brilhará um d'elles; mover se-ha a pallida lua—*facho da noute*—; *apagar-se-hão* depois estrellas e lua quando se *ac-cender* o brilhante — *facho do dia* —, que tambem será *apagado*, quando chegar a sua vez. Cada noute e cada dia offerecer-nos-hão espectaculo semelhante.

Contemplaram-no assim os homens das primitivas idades, especialmente os que possuíam um clima abençoado, um ar sereno e um céo sempre azul. Os Chaldeus, docemente reclinados nos balsamicos e inebriantes eirados da Babylonia, foram assim talvez os primeiros *astrónomos contempladores*. Começou assim tambem a civilisação. «As noções mais «elementares da Astronomia têm sido em todos os «povos os primeiros fructos da civilisação» (5).

Com o decorrer do tempo foram-se observando alguns phenomenos celestes, para que iam apparecendo successivamente explicações em harmonia unicamente com a apparencia da occasião. Um eclipse do sol foi tomado como o preludio da destruição do universo; e julgou-se devorada por um dragão a lua eclipsada, a que nem se attribuia então o tamanho do Peloponneso. Repetiram-se os

---

(5) Laplace, *Exp. du syst. du monde*.

eclipses e admittiu-se então que o corpo eclipsado tinha uma parte que não era de fogo e que nos mostrava momentaneamente. O sol e a lua foram considerados depois fogos que percorriam os espaços celestes em carros fechados, que tinham uma janella redonda. Tinha lugar o eclipse, fechando se esse janella.

Foram pouco numerosas e pouco exactas as observações feitas n'este periodo da Astronomia. Limitavam-se ás do *nascer* e do *ocaso* das principaes estrellas, ás dos eclipses e ás das occultações das estrellas pela lua e pelos planetas; a seguir o movimento do sol por meio das estrellas e por meio das variações das sombras meridianas dos *gnómons*, pois o fundamento da Gnomónica apparece n'este periodo com o hemispherio ôco de Bérose, o primeiro dos quadrantes solares; e finalmente a determinar os movimentos dos planetas pelas estrellas de que elles vinham a approximar-se nos seus cursos.

Para reconhecer todos os astros e os seus diversos movimentos, os contempladores do céu dividiram-no em *constellações*. O zodiaco, zona celeste de que nunca se desviavam o sol, a lua e os planetas conhecidos então, foi dividido nas doze constellações:

*Aries, Tauro, Geminis, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagittario, Capricornio, Aquario e Pisces,*

constellações a que deram o nome de *signos*, porque serviam para distinguir as estações. Não foi o mero acaso, parece, que determinou esses nomes dados aos signos. Parecem referir-se uns ao movimento do sol, como o cancer e o capricornio, que indicavam a retrogradação d'este astro nos solsticios, e como a libra (balança), que representava a igualdade dos dias e das noutes nos equinoxios; outros parecem provir da agricultura e do clima do povo que estabeleceu o zodiaco, pois eram bem frisantes então as relações das constellações zodiacaes com o clima e com a agricultura do Egypto; outros principalmente derivam de figuras animaes, donde o nome *zodiaco* (ζῳος), o que inspirou a de Fontanes estes magnificos versos sobre a origem da Astronomia:

Bergère, elle aime encor ce qu'aima sa jeunesse:  
 Dans les champs étoilés la voyez-vous sans cesse  
 Promener le Taureau, la Chèvre, le Bélier,  
 Et le Chien pastoral, et le char du Bouvier?  
 Ses mœurs ne changent point, et le ciel nous répète  
 Que la docte Uranie a porté la houlette.

N'este periodo a Astronomia não foi composta só d'erros, a que conduziam a apparencia e a illusão dos sentidos só por si: houve tambem ideias sãs

sobre certos pontos, ideias que foram os germens das verdades descobertas nos outros periodos.

No fim do seculo VII antes da era christã Thales, de Mileto, o primeiro physico e o primeiro philosopho na ordem dos tempos, ensinou na escola *jónica*, por elle fundada, a esphericidade da terra, a obliquidade da ecliptica e as verdadeiras causas dos eclipses do sol e da lua, chegando até a predizel-os. Crêmos que infelizmente estas ideias não eram muito propagadas, pois, dous seculos quasi depois de Thales, nota Heródoto como maravilha o haver aquelle astrónomo annuciado aos povos da Jónia o eclipse do sol que poz termo á guerra de cinco annos entre Alyatto 2.º, rei da Lydia, e Cyaxaro, rei dos Medas.

No seculo immediato Pythágoras, de Samos, discipulo de Thales, fundou em Crotona a escola *italica*, onde ensinou com maior desenvolvimento as noções que a escola *jónica* possuia sobre a Astronomia. A escola *italica* conheceu a rotação e a translação da terra. Segundo o systema de Pythágoras, o mundo era formado por dez grandes corpos, que se moviam sob leis harmonicas ao redor do — *fogo central*.— A terra era um d'esses corpos. Foi tambem Pythágoras o primeiro que empregou a palavra *cosmos* (κοσμος) para designar a harmonia do universo e o proprio universo, que elle consi-

derava um todo ordenado. Tal palavra, na accepção mais antiga e mais propria, significava ornato.

É certo que Pythágoras nunca escreveu e que cobriu com escuro véo o seu systema para escondel-o do vulgo; mas, além da confissão de todos os antigos, apparecem provas d'esta asserção em muitas passagens das obras do seu discipulo Philolaüs, que expoz o systema de Pythágoras com grande clareza.

Para a escóla pythagórica os cometas não eram meteóros passageiros formados na nossa atmosphera. «Pythágorei partim stellas faciunt cometas, «quæ non semper, sed certo temporis ambitu appareant; partim visus nostros in Solem speculi «more reflexos» (6). Parece-nos descobrir n'estas ultimas palavras o germen das ideias que Ch. Nagy offereceu ao mundo scientifico em 1862 (7)!

Cada estrella era um mundo n'esta escóla de tanto genio! «Pythágorei unamquamque stellam «mundum esse affimarūt, terram atque ærem in «infinito æthere complexam» (8).

(6) Joannis Stobæi *Eclogæ*, Antwerpia, MDLXXV, pag. 62.

(7) *Considérations sur les comètes ou Éléments d'une Cométologie*

(8) J. Stob. *Ecl.*, Ant. pag. 54.

O que deixámos escripto parece-nos provar sufficientemente que já n'este periodo havia algumas noções exactas sobre o systema do universo, noções que têm sido confirmadas pelos progressos da sciencia. O genio, meditando sobre o que contempla, penetra assim muitos segredos da natureza!

Houve tambem victimas da sciencia. Os Athenienses perseguiram Anaxágoras por ensinar as doutrinas da eschola *jónica*.

Foi criada tambem n'este periodo a Astrologia, erro tão antigo como a Astronomia. Acreditava-se a influencia dos astros sobre os destinos dos homens e que na occasião do nascimento de cada um podia ler-se o seu futuro nos céos. O orgulho conduz o homem a erros assim!

\* \*

*Astronomia Geometrica*—Surge agora uma era nova para a Astronomia. Os seus passos já não são incertos e vacillantes; são seguros e ousados. Fundando-se no uso dos instrumentos proprios para a medida dos angulos, começa a «regular os movimentos dos astros com linhas e algarismos» (9)!

---

(9) Aimé-Martin.

Toma uma fórma nova, guiada pela — *Razão de Deus*, — brilhante nome que á Geometria deu Aimé-Martin, o philosopho cujo empenho foi sempre «descobrir Deus nas suas obras» (10)! Vae occupar-se do futuro, porque «a Geometria é tambem a ousadia de dispôr do futuro» (11)!

A luz veio da escóla da Alexandria. Gloria a Ptolomeu Soter pelo seu amor ás sciencias! Gloria ao seu filho Ptolomeu Philadelpho pela protecção que lhes dispensou! Gloria á época dos Ptolomeus, «uma das mais memoraveis da historia do espirito humano» (12)!

São do seculo III antes da era christã as primeiras observações da escóla da Alexandria: são as d'Aristillo e de Timocharis.

Seguiu-se-lhes Aristarco, de Samos, que fez resurgir a opinião de Pythágoras sobre o movimento da terra, sendo até quem na antiguidade teve noções mais exactas da grandeza do universo.

No seculo immediato appareceu Hipparco, que com justiça por todos tem sido reconhecido pae da Astronomia. A ilha de Rhodes foi o theatro dos seus

(10) Lamartine, *Discours prononcé sur la tombe de M. Aimé-Martin*.

(11) F. Arago, *Biog. de Laplace*.

(12) Laplace, *Exp. du syst. du monde*.

principaes trabalhos. A ascensão recta e a declinação foram as coordenadas de que elle se serviu nas suas primeiras observações. Imaginando depois methodos para transformar estas coordenadas na longitude e na latitude, inventou a Trigonometria, «uma das chaves da Astronomia» (13). Sublime concepção! Brillhante manifestação d'um genio fecundo! Foi elle o inventor da Trigonometria e todavia antes d'elle tinham apparecido geometras distinctos. Aristarco, Archimedes e Euclides, sem conhecimentos de Trigonometria, resolviam os triangulos por grosseiras operações graphicas. Não parou Hipparcoahi! Os genios caminham sempre! Para evitar os calculos excessivamente longos que então exigia a transformação da ascensão recta e da declinação na longitude e na latitude, imaginou um instrumento proprio para a determinação directa d'estas ultimas coordenadas. Inventou o *astrolabio*. Descobertas tão maravilhosas tiveram resultados bem importantes, bem dignos d'ellas. Comparando as suas observações com as d'Aristillo e de Timocharis, formou Hipparco um catalogo de 1026 estrellas, que é o primeiro verdadeiramente digno de tal nome. Os catalogos dos chinezes e dos

---

(13) *Estatutos da Universidade de Coimbra*, de 1772.

indios não dão indicação alguma precisa ; « são bastante grosseiros e tanto que póde attribuir-se-lhes « uma antiguidade fabulosa » (14). Os attribuidos a Eratósthenes e a Hygin são simples nomenclaturas das estrellas que compoem cada constellação. Conta Plinio que Hipparco, observando uma estrella nova que appareceu no seu tempo, quiz deixar á posteridade um meio de reconhecer se as estrellas nasciam e morriam. Tal meio era o catalogo de que fallamos. Não é universalmente crida esta asserção de Plinio, porque o facto não foi mencionado por Ptolomeu, que conservou o catalogo de Hipparco. Reconhecendo que as estrellas mudavam de posição relativamente ao equador e que conservavam a mesma relativamente á ecliptica, reconhecendo que o equinoxio não era fixo e que retrogradava por um movimento dirigido do oriente para o occidente, fez Hipparco a descoberta da *precessão dos equinoxios*, descoberta que só por si immortalizou o seu nome. Tão amante da verdade era o observador de Rhodes e tanto se empenhava no verdadeiro progresso da sciencia, que, longe de offuscar-se com o brilho da glória, apresentou a sua descoberta com reserva, porque realmente não podiam inspirar-lhe muita

---

(14) Delambre, *Histoire de l'Astronomie Ancienne*.

confiança as observações d'Aristillo e de Timocharis.

Passados mais de trez seculos, no seculo II da era christã, apresentou-se no mundo scientifico o *divino* Ptolomeu, como o consideravam os seus admiradores, que foram numerosos. Os seus escriptos, que tambem foram numerosos, pois escreveu sobre a Astronomia, sobre a Chronologia, sobre a Gnomónica, sobre a Mecânica, sobre a Optica e sobre a Musica, têm chegado ao nosso conhecimento unicamente pelas traducções arabes. A obra, a que elle deu o modesto titulo *Composição ou Syntaxe Mathematica*, recebeu dos traductores arabes o titulo *Almagesto* e tal é o titulo por que ella é conhecida. No tempo de Frederico II, imperador da Alemanha, a quem é devido em grande parte o progresso da Astronomia na Europa, foi esta obra traduzida pela primeira vez para latim, segundo a versão arabe. Este livro, em que Ptolomeu apresentou ensaios d'um systema completo d'Astronomia, era tão admirado pelos sabios do Oriente, que no começo do seculo IX Al-Mamoun, vencedor do imperador grego Miguel III, impoz no tratado da paz a condição de ser-lhe dada uma edição manuscrita do *Almagesto* com os melhores livros da Grecia. E mostrou-se assim Al-Mamoun um espirito eminentemente illustrado, porque o *Almagesto* é «um dos

«mais preciosos monumentos da antiguidade» (15). Foi tal a reputação que elle grangeou para o seu autor, que Képler, «um dos genios scientificos mais «fecundos dos tempos modernos» (16), reconhecendo a extrema difficuldade de conciliar muitos dos resultados obtidos por Ptolomeu com as observações do seu tempo, suppoz que em quinze seculos havia passado o céo por enormes perturbações! Lá apresenta Ptolomeu a descripção de todos os instrumentos que, segundo elle, seriam necessarios ao observador que quizesse aperfeiçoar a sciencia. A descoberta mais importante do célebre astrónomo da Alexandria foi a da *evacção* da lua. Confirmou pelas observações a *precessão dos equinoxios*. O genio que escreveu o *Almagesto* foi infeliz no seu systema sobre o mecanismo do universo. Crêmos que Ptolomeu, seduzido pela apparencia, não meditou sobre as ideias de Pythágoras e esqueceu-se do primeiro astrónomo da sua escola. Crêmol-o, porque foi um genio fecundo e capaz de adivinhar a natureza. O systema de Ptolomeu, que collocava a terra no centro dos movimentos celestes, era tão extremamente complicado com circulos, com excéntricos e com epicyclos, necessarios para explicar as

---

(15) Laplace, *Exp. du syst. du monde*.

(16) F. Arago, *Biog. de Képler*.

propias observações do seu autor, que no seculo XIII inspirou a Affonso x, rei de Castella, um dos primeiros soberanos que mais animaram a Astronomia na Europa, as seguintes palavras, que a ignorancia do seculo accusou de impiedade: «Se Deus «me houvesse chamado aos seus conselhos, estariam «as cousas em melhor ordem!» Taes palavras foram talvez de funesta influencia para o filho de S. Fernando! Concorreram talvez para as desgraças do seu reinado! Quem sabe se o seu filho D. Sancho se serviu d'ellas para arrancar-lhe a corôa?

Depois de Ptolomeu subsistiu durante cinco seculos ainda a escôla da Alexandria; mas limitava-se a commentar ás obras d'este sabio, cujos trabalhos terminaram assim os progressos da Astronomia nesta escôla.

Seguem-se agora, pelo meio do seculo VIII, os trabalhos dos arabes, «a quem a Europa moderna «deve os primeiros raios de luz que dissiparam as «trevas, que a envolveram durante mais de doze «seculos» (17). Houve principes arabes que animaram especialmente a Astronomia. Al-Mamoun, califa da familia dos Abbassidas, foi animado d'uma verdadeira paixão pela sciencia. Já o provámos.

---

(17) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

Houve um grande numero d'astrónomos arabes dignos de todo o apreço. Um dos mais distinctos foi Albategnius, que vivia no anno 880. Foi principe e astrónomo. «Nos tempos remotos e entre os «mahometanos não eram contradictorios estes dous «titulos» (18). Tinha o seu observatorio em Aracto. Fez a importante descoberta do deslocamento do *perigeu solar*.

Os nomes Aboul-Wéfa e Ebn-Jounis honram tambem as paginas da historia da Astronomia.

Os arabes occuparam-se especialmente da perfeição dos instrumentos astronómicos: garantia da exactidão das suas observações.

Entre os persas, que durante muito tempo estiveram sujeitos aos arabes, houve tambem astrónomos instruidos e principes illustrados. Houve tambem um principe que se distinguiu, tanto pelo zelo que dedicava á Astronomia, como pelas suas observações, e que deve ser contado entre os primeiros observadores. Foi Ullugh-Beigh, que no anno 1437 mediu a obliquidade da ecliptica, deixando assim á posteridade o conhecimento da sua diminuição progressiva até hoje. Foi o autor das melhores tábuas astronómicas antes de Tycho-Brahé.

---

(18) F. Arago, *Biog. de Albategnius*.

No ultimo quartel do seculo xv raiou a aurora de formosos dias para a Astronomia. Trouxe-a Copernico, de Thorn, que um feliz acaso, um d'esses acasos que tanta influencia têm sobre os destinos da humanidade, levou a ouvir as lições de Alberto Brudzewski, professor d'Astronomia. Revelou então a sua verdadeira vocação Copernico, que Leibnitz chamou um dos oito sabios da terra. Foi o primeiro astrónomo do seu seculo pela profundeza das suas concepções; dissipou as illusões dos sentidos; superou as difficuldades que lhe offerecia a ignorancia das leis da Mecânica, que no seu seculo estava realmente muito atrazada; e triumphou da barbara e fanatica estupidez de homens «que parecem empenhar-se em caminhar rebocados sempre pelo seu «seculo» (19). Tanto é verdade que «uma das paixões mais fortes é o amor da verdade no homem «de genio», como disse um homem de genio (20), cujos escriptos «eram sempre marcados com o cunho «da razão e da evidencia» (21).

Copernico, reflectindo na passagem em que Cicero diz que Nicetas, de Syracusa, explicava o movimento diurno do céo, dirigido apparentemente

---

(19) F. Arago, *Biog. de Copernico*.

(20) Laplace.

(21) F. Arago, *Biog. de Bailly*.

do oriente para o occidente, pelo movimento da terra ao redor d'um eixo de rotação do occidente para o oriente e examinando se as ideias de Pythagoras podiam conciliar-se com os phenomenos astronómicos, estabeleceu a theoria do movimento da terra na sua grande obra *de Revolutionibus orbium caelestium*. «A terra não produz um genio semelhante «no espaço de muitos seculos,» exclamou Tycho-Brahé acêrca de Copernico. Esta obra foi fructo de trinta annos de meditação; mas ha-de levar o nome de Copernico até á posteridade mais remota! Recebeu Copernico o primeiro exemplar com as mãos desfallecidas e beijou-o talvez com os labios já desbotados pela morte proxima. A obra foi impressa em Nurenberg, em 1543, e o seu autor falleceu em Frauenburgo, n'esse mesmo anno. Desceu a lousa sobre o seu corpo quando lhe era conferida a immortalidade! «A intelligencia é celeste; no tumulo repousam só as sombras dos corpos» escreveu Képler no seu proprio epitaphio. E com razão.

E os contemporaneos de Copernico como o honraram? . . Dil-o a Sagrada Congregação do Index, que em 5 de março de 1616 condemnou a obra de Copernico!

Mais tarde, em toda a luz do seculo XIX, tentou o clero de Varsovia insultar a memoria de Copernico, como se homens assim não estivessem muito

acima dos insultos de padres estupidos e ignorantes, de indignos ministros da mais santa religião! Estava fixado o dia 25 de maio de 1829 para a inauguração da estatua de Copernico, executada por Thorwaldsen, e chegou a hora da solemnidade sem apparecer um padre para celebrar o officio divino!.. Não quizeram rezar por um homem que era autor d'uma obra condemnada!.. Conta Czinski facta tão atroz.

Foi tambem excellente observador Gustavo iv, landgrave d'Hesse. Mandou levantar um observatorio no castello de Cassel e proveu-o d'uma grande variedade de instrumentos de cobre, construidos com toda a exactidão que podiam dar as artes no seculo xvi. Fez ahi observações primeiramente só e depois ajudado pelos distinctos astrónomos Rothman e Justo Byrgo.

O mais exacto dos observadores, cujos trabalhos precederam a invenção do telescopio, foi Tycho-Brahé, cuja paixão pela Astronomia manifestou-se na occasião d'um eclipse do sol, em 1650, contando elle apenas 14 annos. Teve relações de correspondencia e de amizade com astrónomos distinctos, e particularmente com o landgrave d'Hesse. Por intervenção do chanceller Oxe, Frederico II, rei da Dinamarca, deu-lhe a ilha de Hween, situada no estreito de Sund, entre Elsenor e Copenhague, com

outros beneficios. Sobre uma eminencia d'esta ilha elevou elle o célebre observatorio *Uraniburgo*, hoje destruido, mas eternamente magestoso nos annaes da Astronomia. Lá trabalhou Tycho-Brahé durante dezeseite annos consecutivos; de lá sahiu um grande numero de observações e de importantes descobertas. Serviços mui relevantes prestou elle á Astronomia: inventou instrumentos e aperfeiçoou os que já existiam com tal cuidado e trabalho que para elle um bom instrumento era «a phenix da Arabia»; formou um catalogo de 770 estrellas mui superior aos de Hipparco e de Ullugh-Beigh; descobriu a variação da lua; ensaiou clepsydras e relogios; discutindo observações do sol, deduziu d'ellas tábuas e foi o primeiro que considerou as refrações atmosphéricas, cujo valor achou pelas suas observações; e finalmente fez sobre os planetas observações muito numerosas, que foram a base das leis do insigne Képler. Considerou os cometas como verdadeiros corpos celestes que gyram ao redor do sol, descrevendo ellipses extremamente alongadas; e mais tarde acrescentou que elles fazem parte do systema solar, obedecendo ás leis dos outros corpos celestes. Esta opinião deu lugar ao seguinte trecho da chistosa carta que Ch. Nagy apresentou na sua obra *Considérations sur les comètes ou Éléments d'une Cométologie*, como tendo lhe sido escripta pelos co-

metas: «o vosso velho Tycho, que é um perfido, «não diz que somos vadios e reconhece até que «somos boas pessoas; mas, ahí vem o seu *mas* fa- «tal, mas diz que devemos caminhar sempre atravez «de vias ferreas, até que venha esmagar-nos qual- «quer trem de mercadorias.» Foi Tycho-Brahé infeliz na criação do seu systema do mundo. Têm até supposto uns que foi arrastado a semelhante criação por um sentimento de vaidade; ligando o seu nome a um systema novo, e outros por um sentimento d'inveja contra Copernico. Não o erêmos; Tycho-Brahé foi um genio que não podia descer até á vaidade e nas suas obras apparecem sempre provas de admiração profunda pelo astrónomo de Thorn.

O genio tem momentos de horrivel provação!... Tycho-Brahé foi tambem perseguido. O seu ex-erando inimigo foi o senador Walckendorp que, depois da morte de Frederico II e durante a minoridade de Christiano IV, por intrigas vis privou o de todos os beneficios com que a munificencia d'um monarca illustrado o havia considerado!... Dirigiu-se então para a Allemanha. O imperador Rodolpho II collocou-o n'uma posição brilhante, dando-lhe um observatorio em Praga. No começo do seculo XVII a morte poz termo a existencia tão preciosa.

N'este periodo dominou ainda a Astrologia nos espiritos mais fortes até. Tycho-Brahé tinha fé nos

horóscopos, porque, dizia elle, «o sol, a lua e as «estrellas eram sufficientes para os nossos usos; «fôra muito inutil juntar-lhes os planetas com mo- «vimentos tão magestosos e sujeitos a tão bellas «leis, se não tivessem uma utilidade propria e di- «recta, utilidade que é o objecto da Astrologia.»

\* \* \*

*Astronomia Telescopica.* — «O telescópio, no do- «minio da Astronomia, e o microscópio, no da Ana- «tomia e da Physiologia dos pequenos seres, têm «produzido descobertas notaveis, que não teriam «sido possiveis sem estes preciosos instrumen- «tos» (22). O telescópio, «o instrumento mais mara- «vilhoso que a industria humana tem descober- «to» (23), veio abrir a immensidade dos espaços, descobrindo mundos novos, e mostrar a pequenez do planeta por nós habitado, que é um ponto no espaço. Assim a Astronomia «engrandece indefi- «nidamente o espaço» (24) e o homem sente-se as- sombrado pelo poder da intelligencia.

(22) William Huggins.

(23) Laplace, *Exp. do syst. du monde.*

(24) A. de Humboldt, *Cosmos.*

Saudemos então esta nova carreira da Astronomia, repetindo as palavras que Pedro Borel dirigiu ao telescópio (25):

Per te sydereos propius speculamur in orbes,  
 Per te cœlestes scandimus arte domos,  
 Atque ignota prius, non visaque cernimus astra,  
 Et novus innnmero est, orbis in orbe choro.

Não é encargo nosso, nem o acceitáramos, escrever o encomio do preciosissimo invento do telescópio e das lunetas. «Embora tivéssemos uma voz de ferro e cem bocas, não poderíamos louvar convenientemente tão preclaro invento» (26). Apresentaremos apenas um rapido esboço da sua historia.

Tem alguém pretendido que os antigos conheciam as lunetas, pois n'um manuscripto do fim do seculo XII representa-se Ptolomeu a observar o céo por meio d'um tubo, e alguém tem levado a ancianidade de taes instrumentos até Demócrito; todavia crêmos, com Pedro Borel, que, se Demócrito e Ptolomeu tiveram conhecimento d'elles, não o transmittiram. Demais, segundo refere Aristóteles,

---

(25) Pedro Borel, *De vero Telescopii inventare, cum brevi omnium Conspiciliorum historia.*

(26) Pedro Borel, *Obra citada.*

os antigos usavam de tubos compridos para interceptar a luz diffusa, quando queriam ver objectos muito distantes.

Frascatore, n'uma obra publicada em 1538, diz que se vêem os objectos maiores e mais proximos atravez de dous oculares, collocados um sobre o outro; mas semelhante passagem não autoriza por fórma alguma a suppor que entre elles haja certa distancia. N'uma outra passagem diz o mesmo autor que a lua parece muito proxima, sendo vista atravez d'um vidro muito denso; mas d'um simples vidro a uma luneta é consideravel a distancia.

Segundo Pedro Borel, o telescopio foi inventado em 1590 por Zacharias Jansen, artista de Middelburgo. Funda-se num autógrapho, que apresenta na sua excellente obra sobre esta materia e que vamos transcrever palavra por palavra:

«Nos Consules, Scabini & Consilarii Civitatis  
 «Middelburgi in Selandia, jussimus audiri & examinari Joannem Zacharidem Confectorem Conspiciliorum in Civitate nostra, ætatis qui esset Annorum quinquaginta duorum; Et etiam Saram Gædardam, quæ inhabitat Aedes, quarum signum est Crux aurea, in Porta interiori hujus Civitatis: de cognitione certa quæ apud illos simul et singulos eorum esset, quisnam videlicet homo in hac dicta Civitate prima Conspicilia longa, sive Te-

«lescopia confecerit. Illi ad Interrogata responde-  
 «runt & declararunt hæc quæ sequuntur:

«Et primò prædictus Joannes Zacharides affir-  
 «mavit illa Telescopia primùm esse inventa & con-  
 «fecta à Patre suo, cui nomen erat Zacharias Joan-  
 «nides, idque contigisse (ut sæpè inaudiverat) in  
 «hac Civitate Anno Christi 1590. Quod tamen lon-  
 «gissimum Telescopium illo tempore confectum  
 «non excessit quindecim aut sedecim pollicum lon-  
 «gitudinem. Affirmavit tunc duo talia Telescopia  
 «oblata fuisse, unum videlicet Illustrissimo Prin-  
 «cipi Mauritio, alterum verò Archiduci Alberto, &  
 «tantæ fimilis longitudinis Telescopia in usu fuisse  
 «usque in Annum 1618. Tunc eum demum (ut af-  
 «firmabat hic Testis) ipse & Pater ejus, nempe  
 «prædictus Joannes Zacharias Joannides invene-  
 «runt fabricam & compositionem longiorum Te-  
 «lescopiorum, quibus etiam nunc utuntur nocte ad  
 «inspiciendas Stellas & Lunam. Insuper affirmavit  
 «quemdam nomine Metium, Anno 1620. advenisse  
 «Middelburgum, & comparasse tale Telescopium:  
 «cujus confectionis modum conatus est imitari  
 «quantum potuit. Idem & tentasse Cornelium Dre-  
 «bellium. Insuper dixit hic Testis, cum hæc sunt  
 «inventæ Patrem suum inhabitasse Aediculæ quæ  
 «sunt in cœmiterio templi novi, ubi nunc subhas-  
 «tatio rerum publicè fit.

«Post hunc audita est & deposuit Sara Gædarda,  
 «& affirmavit jam esse ferè 42. aut 44. annos cir-  
 «citer (nam de certo præfixo tempore non poterat  
 «dicere) cum Conspicilia longa in hac civitate pri-  
 «mum à Fratrem ejus Zacharia Joannide jam mor-  
 «tuo confecta sint, qui habitavit ædes propè Mo-  
 «netam, junctas Templo novo. Scientiæ suæ ratio-  
 «nem dixit, quod illa vidisset innumeris vicibus  
 «Fratrem conficientem talia Telescopia.

«In fidem dictorum Nos Consules, & Scabini  
 «prædicti hæc Sigillo minori nostræ Civitatis jus-  
 «simus firmari, & per unum ex numero Secreta-  
 «riorum nostrorum subscribi, tertio Die mensis  
 «Martii, Anno 1655.

«*Locus Sigilli.*

«Subsignatum

«Simon van Beaumont.

Propagou-se a noticia d'este invento e um estran-  
 geiro, que queria pedir informações a respeito d'elle  
 a Zacharias Jamsen, dirigiu-se por engano á casa  
 d'um visinho e collega d'este, João Lippershey ou  
 Lipperson. Na conversa que com o estrangeiro teve  
 Lippershey, conseguiu este adivinhar a construcção  
 do novo instrumento. Por esta razão Pedro Borel  
 chama a Lippershey o *segundo inventor* do teles-  
 copio e a Zacharias Jamsen o *primeiro*. Pedro Bo-

rel considerou assim Lippershey, fundando-se num outro autógrapho, que diz assim :

«Nos Consules, Scabini & Consiliarii Civitatis  
«Middelburgi in Selandia, jussimus audiri & exam-  
«inari Viros, quorum nomina sequuntur, vide-  
«licet primò Jacobum Wilhelmi custodem ædium  
«Aerarii mercatorii, ætatis ferè annorum 70. Pa-  
«riter Adwoldum Kien, nostræ civitatis Nuntium  
«Antwerpiensem, annorum 67. Denique Abraha-  
«mum Junium in hac civitate Fabrum Ferrarium,  
«ætatis 77. annorum. Interrogati cum essent su-  
«per cognitione & scientia eorum, sive junctim,  
«sive separatim de Anthore sive Inventore, qui  
«primus in hac civitate fabricavit sive composuit  
«Conspicilia longa, sive Telescopia. Et rogati de  
«re illa declararunt & attestati sunt eo modo ut  
«sequitur.

«Primus ille, nempe Jacobus Wilhelmi, ait Vi-  
«rum illum nominatum fuisse Joannem Lapreyum,  
«& habitasse in vico hujus civitatis dicto Capona-  
«rio, in ædibus ipsis quas in præsentì inhabitat  
«Sartor pannarius, aut vicinas eis, de quo dubitat.  
«Dixit illum ipsi notum fuisse dum conspicilia fa-  
«ceret, & etiam postea cum tubos longos sive Te-  
«lescopia fabricaret, & hoc factum esse jam ante  
«elapsos ferè 50. annos. Ait dictum Lapreyum mor-  
«tuum esse, ut putat, jam 20. annis præteritis, sed

« benè ipsi constare Lapreyum illum in hac ipsa ci-  
 « vitate obiisse: rationem depositionis addidit, quod  
 « hic Testis ipsi vicinus propior fuerit, ex distan-  
 « tia solummodò quatuor aut quinque domuum, &  
 « benè notum ipsi esse: Insuper dictum Joannem  
 « Lapreyum cum primum Telescopium ab ipso con-  
 « structum obtulisset Mauritio Principi, ab Excel-  
 « lentia illius dono donatum fuisse, sicut tum tem-  
 « poris inaudivit.

« Adwoldus verò Kien deposuit & declaravit no-  
 « men Hominis istius qui Telescopia solebat facere,  
 « esse Joannem Lapreyum Vesalium, & habitasse  
 « in hac civitate in vico Caponario, contra Templum  
 « novum ædibus junctis, quibus insigne erat Te-  
 « lescopium, juxta domum cujus signum est Ser-  
 « pens, quarum ædium proprietarius fuit Lapreyus.  
 « Affirmavit etiam hic anno 1610. incepisse La-  
 « preyum conficere dicta Telescopia, mortuum verò  
 « esse Mense Octobri 1619 & ibidem sepultum esse.  
 « Rationem addidit hic testis scientiæ suæ, quod  
 « Lapreyi istius Filiam in uxorem habuerit, & quod  
 « dictus Lapreyus Dominis Ordinibus & Mauritio  
 « Principi ex Telescopiis suis aliqua obtulit sub  
 « Donativo & Privilegio in triennium ipsi concessio.

« Denique Abrahamus Junius etiam attestatus  
 « fuit, & declaravit primum hominem qui in hac  
 « civitate tubos longos confecit, nominatum fuisse

«Hans, id est, Joannem, non observato cognomine  
 «ipsius, sed vulgò dictum Joannem Conspicillifi-  
 «cem; eumq; inhabitasse vicum Caponarium hujus  
 «civitatis, quanquam ignoret quibus præcisè in  
 «ædibus; & jam elapsis, ut rebatur, circiter 45.  
 «aut 46. annis Joannem illum prima conspicilia  
 «illa longa fabricasse ipsumque innotuisse huic testi  
 «multis annis antè, cum nondum Conspicillifex es-  
 «set, sed opera erat Fabri murarii. Rationes scien-  
 «tiæ suæ dedit, quod hic testis in viciniam ipsius  
 «Joannis in vico de Wall dicto, iisdem in ædibus,  
 «quibus nunc, inhabitavit per annos ferè 50. & Exe-  
 «quias istius Joannis comitatus est. Ait etiam verè  
 «se nosse & sæpè inaudivisse prædictum Joannem  
 «fecisse tubos longos & Telescopia in usum Illus-  
 «trissimo Principi Mauritio.

«Nos Consules & Scabini suprà dicti in fidem  
 «hoc Instrumentum fecimus muniri Sigillo minori  
 «civitatis nostræ, & signari ab uno Secretariorum  
 «nostrorum tertio die Mensis Martii Anno 1655.

«*Locus Sigilli.*

«Signatum

«Simon van Beaumont.

Têm sido tambem attribuidas as primeiras lune-  
 tas a J. Metius ou Metz u e a Drebbel; mas, como  
 se lê no primeiro autógrapho que transcrevemos,

Metius foi compral-as a Zacharias Jansen. Demais, é constante que Metius e Drebbel generalisaram o uso das lunetas só depois de havel-as comprado.

Têm outros considerado como inventores do telescopio a Antonio de Dominis e a Porta; mas o primeiro escreveu sobre este objecto só em 1611 e o segundo apenas disse que, como as lentes convergentes mostram os objectos maiores e as divergentes menores e mais claros, serão vistos maiores e mais distinctos os objectos proximos ou distantes por uma combinação das duas lentes.

Assim a invenção das lunetas veio muito depois da das lentes. «O espirito humano, tão activo na «formação de systemas, tem muitas vezes esperado «que a observação e a experiencia venham mostrar-«lhe importantes verdades, que elle podéra ter des-«coberto pelo simples raciocinio» (27).

Pouco tempo depois, appareceu a ideia de empregar um espelho espherico concavo, para formar a imagem destinada a ser augmentada pela ocular. Zucchi, n'uma obra publicada em 1652, diz que desde 1616 havia elle pensado em semelhante applicação.

Em 1663 Gregory aperfeiçoou este instrumento

---

(27) Laplace, *Exp du. syst. du monde.*

por meio d'um segundo espelho concavo, desapparecendo assim o inconveniente, que até ahi havia, de interceptar o observador a maior parte da luz incidente para ver a imagem formada diante do primeiro espelho.

O primeiro telescopio forte foi construido em 1718 por Hadley, telescopio que produzia o effeito d'uma luneta de 37 metros de fóco.

Além d'estes, ha os telescopios de Newton e de Cassegrain, os grandes telescopios de Herschel e de Ross, todos d'espelhos metallicos, e os de Foucault, cujos espelhos são de vidro e prateados.

Sigamos agora os passos que n'este periodo deu a Astronomia.

Dous grandes vultos apparecem no começo da nova carreira d'esta sciencia: um na Allemanha e outro na Italia. Ali «o contemplador que Deus esperou durante 6000 annos para as suas obras», como elle mesmo se dizia; aqui «um dos maiores «philosophos dos tempos modernos» (28). Nasceram ambos no seculo XVI e ambos morreram no seculo XVII. Os vagidos d'ambos deveram subir em festivaes harmonias aos céos, que depois mediram! Os raios das suas gloriosas corôas deveram cruzar-

---

(28) F. Arago, *Biog. de Galileu.*

se n'um amplexo de sympathia e de admiração! Képler e Galileu são os seus nomes.

Verdadeiro Messias, Képler resgatou a sciencia do funesto influxo da imaginação humana e ensinou-lhe o caminho do extremo rigor nos raciocinios e nas observações, unica base segura para os seus progressos. Foi um d'esses homens raros que, de tempos a tempos, «a natureza dá ás sciencias para fazer desabrochar as grandes theorias «preparadas pelos trabalhos de muitos seculos» (29).

Galileu, espirito tão especulativo como observador, operario infatigavel no campo da sciencia, libertou-se dos erros do seu tempo, enriquecendo a sciencia com verdades sublimes e com inventos de immensa utilidade. Homem forte, tem o seu nome no martyrologio da sciencia, tão veneravel como o da virtude.

Filho d'uma familia pobre, Képler nasceu a 27 de dezembro de 1571 em Magstatt, aldeia de Wurtemberg. Durante os seus primeiros annos padeceu muito com molestias e com privações. Foi criado d'uma taverna, que seu pae abriu em Elmerdingen. Arrastado pela necessidade, entrou no seminario de Tubingue, quando contava 18 annos, e,

---

(29) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

tomando uma parte activa nos debates da Theologia protestante, mostrou-se contrario á orthodoxia de Wurtemberg. Abandonando a Theologia, tomou depois uma outra direcção, guiado por Moestlin, que como professor de mathematicas havia sido chamado de Heidelberg para Tuingue.

«Impaciente por conhecer as causas dos phenomenos, o sabio dotado d'uma imaginação viva, «presente-as muitas vezes antes de lh'as mostrarem «as observações» (30). Képler recebeu da natureza dom tão precioso; mas podéra ter sido arrastado por elle a erros capazes de mutilar a propria obra da natureza, se Tycho-Brahé, de quem foi discipulo e collaborador em Praga, não lhe houvesse dado conselhos prudentes e uteis, que elle seguiu sempre, quando pôde comparar as hypotheses com as observações. Com a morte de Tycho Brahé, em 1601, ficou Képler senhor da preciosa collecção das observações do seu illustre mestre.

Fundando-se n'estas e nas proprias observações, fez trez das mais importantes descobertas da philosophia natural.

Era opinião geral na antiguidade que o movimento dos astros devia ser circular e uniforme,

(30) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

por ser este o mais perfeito. Conjecturamos que Képler, comparando com as observações, de que dispunha, os resultados de tal movimento dos planetas ao redor do sol, chegou ao conhecimento de que essa opinião era falsa e que, guiado depois pelo seu espirito penetrante, que lhe mostrava a natureza extremamente simples nas suas leis, como é realmente, considerou o movimento elliptico com o sol n'um dos fócios, descobrindo assim a primeira das suas leis. Conjecturamos que tal foi o caminho que o conduziu á descoberta das outras duas leis. A órbita de marte, na occasião d'uma opposição, foi a primeira de que Képler pôde occupar-se, e n'isto foi elle feliz, pois é esta uma das mais excéntricas do systema planetario e marte, nas suas opposições, aproxima-se muito da terra, de sorte que as desigualdades do seu movimento real e apparente são maiores que as dos outros planetas, devendo conseguintemente conduzir mais facil e mais seguramente á descoberta das leis dos movimentos planetarios. Eis o glorioso fructo de 17 annos de valente perseverança e de trabalho immenso!... Já se vê que para descoberta tão maravilhosa concorreu poderosamente o systema de Copernico. Por isso Képler dizia «estimo Copernico, não só como «uma intelligencia superior mas tambem como um «espirito livre».

Képler prestou ainda mais serviços á Astronomia: em 1626 publicou umas tábuas, que chamou *Rodolphinas* por consideração com Rodolpho II e que foram as primeiras fundadas nas verdadeiras leis do systema do mundo; escreveu varias obras ricas de novidade e d'interesse; aperfeiçoou a theoria do telescopio, inventando a luneta de ocular convergente, que não experimentou e que foi construida pela primeira vez por Scheiner; explicou o mecánismo da visão; apresentou sobre o infinito noções, que poderosa influencia exerceram sobre a revolução por que passou a Geometria no fim do seculo XVII; descobriu a verdadeira causa da luz cinzenta da lua; suspeitou o movimento de rotação do sol; e assim «deixou um nome immortal «na historia da Astronomia theorica e prática» (31).

Foi Képler tão entusiasta pela liberdade philosophica que, sendo convidado, por recommendação de Julio de Médicis, pela republica de Veneza para professor em Padua, respondeu: «sou allemão por «nascimento e por sentimento e, como tal, estou «habituaado a dizer a verdade imprudentemente em «toda a parte. Não devo expor-me a ser lançado a

---

(31) G. de Pontécoulant, *Théorie Analytique du syst. du monde.*

«uma fogueira como Jordano Bruno» (32)! E bem prudente foi o seu proceder, pois teve a gloria de ver a sua obra *Epítome Astronomiæ Copernicane* prohibida na Italia pela Sagrada Congregação do Index!

Tem alguém pretendido que Képler tinha fé nos horóscopos e que o seu espirito não teve força para resistir ao erro da Astrologia, porque fez alguns prognosticos e porque n'um grande numero de cartas considerou a feiticeria com um phenomeno cuja existencia não podia ser negada. Attendamos ás condições do meio em que viveu e narremos algumas circumstancias da sua vida, para dissipar as sombras que pretendem toldar o seu nome.

Os soberanos, em cujo reinado viveu Képler, pediam-lhe prognosticos com instancia e assim alguns

(32) Jordano Bruno foi victima da fogueira; mas, pouco antes de ser devorado por ella, exclamou com a firmeza do homem verdadeiramente valente, do homem de verdadeira consciencia:

«A sentença que acabaes de ler, pronunciada em nome «d'um Deus de misericordia, é talvez mais pavorosa para «vós, que para mim».

E que crimes commetten Jordano Bruno?... Leu o que Deus havia escripto na abóbada celeste. No lugar competente diremos como.

fez; mas não satisfez os desejos de todas as pessoas que lh'os pediram. O general Wallenstein retirou a protecção que havia dado a Képler e substituiu-o pelo astrólogo italiano Zenão, porque Képler não animava a paixão que o célebre general sentia pelos prognosticos tirados do aspecto dos astros. Demais, Képler morreu na miseria no tempo em que a Astrologia era remunerada com pingues beneficios. As cartas que escreveu sobre a feiticeria não o condemnam; dão-lhe nova glória, pois mostram que no coração do grande astrónomo era extremo o amor que o prendia á sua mãe. Esta foi accusada e condemnada como feiticeira e Képler valeu-se do seu talento, do seu saber e da sua posição para salvá-la.

Falleceu Képler em 15 de novembro de 1630.

A 18 de fevereiro de 1564, em Pisa, nasceu Galileu Galilei, que veio «mostrar nos céos desigualdades novas e novos mundos» (33) e que, partindo da Mecânica d'Archimedes, «encheu n'um dia o «vazio que os separava» (34). Criança ainda, construiu com suas débéis mãos differentes especies de máquinas. Velho, no ultimo quartel da vida,

(33) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

(34) G. de Pontécoulant, *Thé. Anal. du syst du monde.*

«sustentou nas masmorras da Inquisição o movimento de rotação da terra» (35), conquistando assim o triumpho da verdade pelos seus trabalhos e pelas suas desgraças. Martyr veneravel!

Foi anti-copernico e professou o systema de Ptolemeu; mas, ouvindo Mœstlin, o célebre mestre de Képler, ficou convencido do movimento da terra e escreveu a obra *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano*, em que trez interlocutores, Salviati, Sagredo e Simplicius, discutem o systema de Copernico, cujo triumpho é ahi brilhante. Aperfeiçoou o telescopio e teve a feliz ideia de com elle perscrutar o céo, descobrindo assim as montanhas da lua, que elle comparou á cauda d'um pavão, os quatro satellites de Jupiter, que lhe mostraram uma nova analogia entre a terra e os planetas, as estrellas da via lactea e das nebulosas, muitas da constellação das *pleiades*, onde contou 40 e onde a antiguidade via 6 ou 7, e outras e finalmente as singulares apparencias occasionadas pelo annel de saturno. Succediam-se tão rapidamente as suas descobertas, que, para leval-as ao conhecimento do mundo scientifico, teve a necessidade de publicar o escripto periodico *Sydereus*

---

(35) G. de Pontécoulant, *Thé. Anal. du syst. du monde.*

*Nuntius*. Na sua obra *Il Saggiatore*, que muitos consideram uma maravilha d'estylo e de dialectica, apresenta a ideia de que os cometas podiam ser illusões opticas como os arcos-iris e os halos. Na primeira obra que citámos, apparece a primeira indicação das experiencias que, segundo Galileu, podiam determinar a velocidade da luz. Na sua outra obra *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua e che in quella si muovono*, que em 1612 publicou para vingiar Archimedes dos ataques dos peripatéticos, apparece pela primeira vez o *principio das velocidades virtuaes*, principio eminentemente philosophico em que assenta uma das mais sublimes composições do espirito humano (36). Estabe-

---

(36) Alludimos á *Mécanique Analytique* de Lagrange.

«Esta grande obra é fundada toda no calculo das variações, cujo inventor foi Lagrange; tudo ahi deriva «d'uma formula unica e d'um principio conhecido antes «d'elle, mas cuja utilidade estava ainda longe de ser suspeitada. Esta sublime composição reúne além d'isso todos «os trabalhos precedentes de Lagrange que elle pôde ligar- «lhe; distingue-se ainda pelo espirito philosophico que a domina desde a primeira até á ultima letra; é tambem a mais «bella historia d'esta parte da sciencia, uma historia como «só podia escrever um homem ao nivel do seu objecto e «superior a todos os seus predecessores, cujas obras analysedou, e constitúe uma leitura do mais alto interesse, até

leceu os verdadeiros fundamentos da Mecânica, «o mais bello monumento do seu genio» (37), descobrindo as leis da quédia dos graves e do movimento curvilineo dos projectís. «Esta descoberta «não grangeou para Galileu durante a sua vida «tanta celebridade como as que fez no céo; mas «constitúe hoje a parte mais solida e mais real da «glória d'este grande homem» (38).

Alguns historiadores attribuem-lhe a invenção do thermometro; mas infelizmente não está bem averiguado ainda este ponto. Têm pretendido outros que são-lhe devidas as primeiras observações sobre as manchas do sol, observações que foram a fonte d'importantissimas descobertas sobre a constituição do universo; mas, apesar de todos os esforços dos admiradores de Galileu, acceitamos a opinião de F. Arago, que por uma fórma bem peremptoria mostra que o primeiro observador d'este phenomeno foi o astrónomo hollandez John Fabricius. «Ha só um meio racional e justo d'escrever a his-

---

«para os que não se acham no estado de apreciar todas «as particularidades do calculo.»

Delambre, *Notice sur la vie et les ouvrages de M. le Comte J.—L. Lagrange.*

(37) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

(38) Lagrange, *Mécanique Analytique.*

«toria das sciencias», diz o illustre biógrapho, «é se-  
«guir exclusivamente as publicações de data certa;  
«fóra d'aqui tudo é confusão, tudo está em trevas.»  
Partindo d'este principio, F. Arago não accieita os  
testemunhos dos amigos, porque, como elle diz, «a  
«amisade é muitas vezes cega», e consulta sómente  
as datas das publicações, considerando publicação  
«qualquer leitura academica, qualquer lição perante  
«um auditorio numeroso e qualquer reproducção  
«dos pensamentos pela imprensa.» Assim é incon-  
testavel que a glória das primeiras observações das  
manchas do sol cabe a John Fabricius e não a Ga-  
lileu; pois a dedicatoria da obra *De Maculis in Sole  
observatis et apparenle earum cum Sole conversione  
Narratio, et Dubitatio de modo eductionis specierum  
visibilium*, que escreveu aquelle, tem a data de 13  
de junho de 1611 e o primeiro livro de Galileu  
sobre esta materia, *Epistola ad Valserum de macu-  
lis solaribus*, é de 1612. Têm ainda alguns preten-  
dido que em 1611 observou Galileu manchas do  
sol em Roma, n'um jardim do cardeal Brandini;  
mas não apresentam precisamente a época do anno.  
O editor das obras de Galileu dá ás observações  
no jardim de Monte-Cavallo a data de abril ou de  
maio de 1611. É mui suspeito este testemunho e,  
ainda que merecesse confiança, não resolvía a ques-  
tão contra John Fabricius, que, como se deduz da

data da sua obra, necessariamente havia de ter feito antes d'esse tempo as suas observações. Semelhante testemunho parece-nos até um argumento fortissimo contra os admiradores de Galileu. A este astrónomo cabe a glória da descoberta das fâculas do sol e do partido que d'ellas tomou para provar, contra a opinião dos ultimos peripatéticos, que as manchas do sol não são satellites escuros que passam sobre o seu disco.

Ahi fica uma breve resenha dos serviços prestados por Galileu á Astronomia, resenha escripta com a imparcialidade que impõe a veneratione devida a tal nome. Agora repetimos a pergunta que fizemos, fallando de Copernico: «e os contemporaneos de Galileu como o honraram?» É uma horriavel tortura para a razão o dizel-o; mas é um dever imperioso.

Por sustentar o movimento da terra, foi obrigado pela Inquisição, sob o pontificado de Urbano VIII, a ir da Toscana para Roma, apezar de contar já 70 annos de idade, apezar do mui precario estado da sua saúde e apezar d'estar estabelecido um cordão sanitario nas fronteiras da Toscana por causa d'uma epidemia. Chegou a Roma o veneravel velho em 13 de fevereiro de 1633 e foi hospedado em casa de Niccolini, embaixador do grão-duque da Toscana. Passados dous mezes foi lan-

çado nas masmorras da Inquisição. No dia 20 de junho immediato foi dada a sentença que o condemnou á prisão n'uma das masmorras do Santo Officio, segundo o arbitrio do pontifice; e no dia 22 foi obrigado a ler, de joelhos, no convento de Minerva, uma fórmula de abjuração, que a penna do mais duro aço não póde transcrever agora. O árduo dever de historiador obrigou Delambre e F. Arago ao sacrificio de transcrevel-a. Póde ella ler-se na *Histoire de l'Astronomie* do primeiro, na *Biographia de Galileu* e na *Astronomie Populaire* do segundo. A justiça manda que apontemos aqui os nomes dos signatarios de tal sentença. Eil-os: d'Ascoli, Bentivoglio, de Cremone, S. Onufre, Gypsius, de Varospi e Ginetti, todos cardeaes. O papa commutou a sentença em exilio para o jardim da *Trinitá dei Monti* e finalmente foi-lhe assignada para prisão uma casa de campo em Arcetri, onde durante muito tempo foi-lhe negada a licença de receber os seus amigos. Mais tarde foi-lhe permittido receber algumas visitas e então muitas vezes foram consolal-o o grão-duque da Toscana e outros amigos. Foi visitado tambem pelo célebre Milton.

Estava proximo o fim da primeira metade do seculo xvii e Roma tentava aferrolhar assim a cabeça d'um genio!.. Assim queria Roma apagar uma brilhante centelha da Divindade!.. E havia então

um La Galla, um dos mais atrozes inimigos de Galileu e dos mais pronunciados adversarios do systema de Copernico, que dizia: «Deus, estando no céo e não na terra, póde mover o céo e não a «terra»!..

O papa Bento XIV annullou a sentença que condemnava a obra de Galileu.

Tendo perdido a vista em 1637, morreu Galileu em 1642, glorioso anno do nascimento de Newton.

Vamos registrar um dos inventos mais satisfactorios para o espirito humano, invento que appareceu nos ultimos annos de Képler e de Galileu. Foi a descoberta dos logarithmos, devida a Neper, «artificio admiravel, que, reduzindo a alguns dias o «trabalho de muitos mezes, duplica, se é licito dizer «assim, a vida do astrónomo e salva-o dos erros e «dos desgostos inevitaveis dos calculos» (39).

Consideramos ainda d'este periodo os trabalhos dos distinctos astrónomos Hevélius (40), Picard e J. D. Cassini, apezar de haverem sido contemporaneos de Newton, que abriu o quarto periodo da Astronomia.

(39) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

(40) Em allemão, Hevel.

Na transição d'este periodo para o immediato fez a Astronomia progressos consideraveis pelo estabelecimento das sociedades scientificas. Eis o que sobre ellas diz Laplace na *Exp. du syst. du monde*:

«A natureza é por tal fórma variada nas suas pro-  
 «ducções e nos seus phenomenos e tão difficil é des-  
 «cobrir as causas d'estes, que, para conhecel-a e  
 «forçal-a a revelar-nos as suas leis, é necessario que  
 «um grande numero de homens reúna as suas luzes  
 «e os seus esforços. Esta reunião torna-se princi-  
 «palmente necessaria quando o progresso das scien-  
 «cias, multiplicando os seus pontos de contacto e  
 «não permittindo já a um homem só profundal-as  
 «a todas, só podem receber de muitos sabios os  
 «soccorros que umas exigem ás outras. Então o  
 «physico recorre ao geometra para elevar-se até  
 «ás causas geraes dos phenomenos que observa; e  
 «o geometra vae depois interrogar o physico para  
 «tornar uteis as suas investigações, applicando-as  
 «á experiencia, e para por' essas mesmas applica-  
 «ções abrir caminhos novos na analyse. A princi-  
 «pal vantagem das academias é o espirito philoso-  
 «phico que n'ellas deve reinar e espalhar-se depois  
 «por uma nação inteira (41) e em todos os pontos.

---

(41) Ou antes «por todo o mundo», porque a verdade não reconhece nacionalidades.

«O sabio isolado póde entregar-se sem receio ao  
«espírito de systema, porque ouve apenas de longe  
«qualquer contradicção que lhe seja dirigida; mas  
«n'uma sociedade scientifica o choque das opiniões  
«systematicas destróe-se immediatamente e o de-  
«sejo de uns convencerem os outros estabelece ne-  
«cessariamente entre os seus membros a convenção  
«de sómente admittir os resultados da observação  
«e do cálculo. A experiencia tem mostrado tambem  
«que, desde a origem das academias, a verdadeira  
«philosophia tem-se diffundido por toda a parte.  
«Dando o exemplo de sujeitar tudo ao exame d'uma  
«razão severa, têm feito desaparecer os prejuizos  
«que haviam reinado nas sciencias durante muito  
«tempo e que os melhores espiritos dos seculos pre-  
«cedentes haviam partilhado. A sua influencia sobre  
«a opinião tem dissipado erros, acceitos em nossos  
«dias, com um enthusiasmo que n'outros tempos tel-  
«os-hia perpetuado. Tão distantes da credulidade  
«que tudo faz admittir, como do preconceito que ar-  
«rasta a repellir tudo quanto se desvia das ideias  
«recebidas, têm sempre esperado prudentemente  
«sobre as questões difficeis e sobre os phenomenos  
«extraordinarios as respostas da observação e da  
«experiencia, promovendo-as pelos premios e pelos  
«proprios trabalhos. Pesando o valor d'ellas, tanto  
«pela grandeza e pela difficuldade d'uma descoberta,

« como pela sua utilidade immediata, e persuadidas,  
 « por muitos exemplos, de que a descoberta mais es-  
 « teril na apparencia póde conduzir a consequencias  
 « importantes, têm animado a investigação da ver-  
 « dade em todos os pontos, sem excluir os que, pelos  
 « limites do entendimento humano, ser-lhe-hão sem-  
 « pre inacessiveis. Finalmente do seio d'ellas têm  
 « sahido essas grandes theorias que, pela sua gene-  
 « ralidade, estão acima do alcance ordinario e que,  
 « diffundindo-se pela natureza e pelas artes por meio  
 « de numerosas applicações, têm sido inesgotaveis  
 « fontes de luzes e de gozos. Os governos illustra-  
 « dos, convencidos da utilidade das sociedades scien-  
 « tificas e considerando-as principaes fundamentos  
 « da glória e da prosperidade das nações, têm-nas  
 « instituido e estabelecido junto d'elles, para os es-  
 « clarecerem com as suas luzes, de que muitas vezes  
 « têm tirado grandes vantagens.»

\* \*

*Astronomia Analytica.* — Abre-se este periodo  
 com a « chave de todos os descobrimentos mathe-  
 « maticos que podem fazer-se sobre a quantidade »  
 (42). O espirito humano descobre o código da na-

---

(42) Assim se chama á Analyse nos *Estatutos da Uni-  
 versidade de Coimbra*, de 1772.

..

tureza. As leis da Mecânica sobem da terra aos céos. A Astronomia transforma-se n'uma verdadeira Mecânica Celeste e a Mecânica Celeste, «pela grandeza dos objectos que abrange, pela fecundidade dos resultados que produz e pela perfeição dos methodos que emprega, é a obra mais sublime que tem sahido das mãos dos homens» (43).

Foi Descartes o primeiro que tentou elevar-se até ao principio universal que preside ao movimento da materia e de que derivam as leis dos movimentos celestes; Descartes que no seculo xvii ampliou consideravelmente os dominios da Algebra, da Mecânica e da Philosophia. O seu systema dos turbilhões, que apresentou em 1644, foi o primeiro vôo da intelligencia humana para a criação da Mecânica Celeste. Imaginou Descartes o universo povoado de turbilhões de materia subtil e collocou o sol no centro d'um e os planetas nos centros d'outros de menores dimensões. Resultava d'este systema que o primeiro turbilhão arrastava consigo, ao redor do sol, os planetas com os seus satellites e com os seus turbilhões, como estes arrastavam os satellites. Era um systema erroneo; mas foi d'immensa vantagem para a sciencia, pois abriu-lhe uma estrada

---

(43) G. de Pontécoulant, *Th. anal. du syst. du monde.*

nova e coberta das flores da glória. Explicava apenas um ou outro factó isolado; mas revéla um genio emprehendedor e profunda meditação.

Póde dizer-se d'este philosopho o que d'elle disse Delille:

Il a guidé Newton, qui nous guide à son tour

A gloria de assentar a primeira pedra do vasto e magestoso edificio da Mecánica Celeste estava effectivamente reservada ao maior genio de todos os tempos e de todos os paizes, a Isaac Newton, a quem é devida a honra da humanidade, como disse Dumas na sessão da Academia das sciencias do Instituto de França, de 20 de setembro de 1869.

A attracção universal é a força que domina a natureza inteira, se não é a propria natureza. É a lei fundamental do systema do universo.

É certo que antes de Newton espiritos eminentemente philosophicos haviam presentido a existencia d'esta força. Parece haver existido até tal presentimento na mais alta antiguidade, apparecendo em Anaxágoras, em Plutarco, em Diógenes de Apollonia, em Platão, em Aristóteles, em Hipparco, em Demócrito e n'outros. Disse Copernico na obra *De Revolutionibus orbium caelestium*, de que já fallámos: «Chamo gravidade um certo desejo na-

«tural proprio de todas as partes da materia, em  
 «virtude do qual tendem estas a reunir-se, qualquer  
 «que seja o lugar que occupem.» O distincto me-  
 dico de Lisboa, Antonio Luiz, escreveu no seculo  
 XVI: «Em virtude d'uma certa força, propensão ou  
 «qualidade attractiva, conserva-se sempre imper-  
 «turbavel a ordem do universo, sem que se sepa-  
 «rem as suas partes componentes, como tendendo  
 «todas para um centro commum por meio d'esta  
 «força.» Na obra *De stellâ Martis* apresenta Képler  
 sobre a attracção universal as ideias seguintes: «A  
 «gravidade é simplesmente uma affeição corporea  
 «e mutua entre os corpos, pela qual tendem a unir-se.  
 «O peso dos corpos não é dirigido para o centro  
 «do mundo, mas para o centro do corpo redondo  
 «de que fazem parte; e, se a terra não fosse esphe-  
 «rica, os graves situados nos diversos pontos da sua  
 «superficie não cahiriam para um mesmo centro.  
 «Dous corpos isolados dirigir-se-iam, como dous  
 «magnetes, um para o outro, percorrendo, para  
 «juntarem-se, espaços reciprocamente proporcio-  
 «naes ás suas massas. Se a terra e a lua não fossem  
 «sustentadas na distancia que as separa por uma  
 «força animal ou por outra qualquer equivalente,  
 «cahiriam uma sobre a outra, percorrendo a lua  $\frac{53}{54}$

«partes do caminho e a terra o resto, suppostas iguaes  
 «as suas densidades. Se a terra deixasse de attra-  
 «hir as aguas do oceano, dirigir-se-iam ellas para  
 «a lua em virtude da força attractiva d'este astro.  
 «Esta força, que s'estende até á terra, produz ahi  
 «os phenomenos do fluxo e do refluxo do mar.»  
 Hook percebeu tambem que os movimentos plane-  
 tarios são o resultado d'uma força primitiva de pro-  
 jecção combinada com a força attractiva do sol.  
 É certo tudo isto; mas o que é certo tambem é que  
 foi Newton o primeiro que deu a fórmula precisa  
 da grande lei. O que é certo é que foi elle quem  
 criou a theoria da attracção universal (44). Por isso

(44) No principio de julho de 1867 communicou Chas-  
 les á Academia das sciencias do Instituto de França cer-  
 tos documentos autógraphos que attribuiam a Pascal as  
 descobertas mais importantes de Newton e de Huygens.

Em quanto a Newton, provavam que durante a sua mo-  
 cidade havia elle tido relações scientificas com Pascal; que  
 este lhe havia communicado descobertas ignoradas pelos  
 geometras francezes e entre ellas a da attracção univer-  
 sal; e que Newton havia empregado todos os meios para  
 occultar estas relações, chegando até a dizer tão mal de  
 Pascal, que, Luiz XIV, indignado, havia-lhe exigido, por  
 intervenção de Jacques II, que se retractasse.

Instaurou-se então na Academia das sciencias do Insti-  
 tuto de França um processo para averiguar quem havia

lê-se no seu epitaphio, escripto n'um esplendido monumento de marmore elevado á sua memoria, em 1731, na egreja de Westminster:

Isaacus Newton, eques auratus,  
 qui animi vi prope divina,  
 planetarum motus, figuras,  
 cometarum semitas, oceanique æstus,  
 sua mathesi facem praeferente,  
 primus demonstravit.

sido o autor d'essas descobertas e especialmente da attracção universal. A Inglaterra e a Italia tomaram uma parte muito viva nos debates d'este processo.

Passados dous annos, na sessão de 13 de setembro de 1869, declarou Chasles que taes documentos eram falsos, como havia confessado o proprio sujeito que os havia fabricado e vendido. Na sessão immediata, de 20 de setembro, declarou Dumas, secretario perpetuo, que quasi todos os membros da Academia estavam convencidos, havia muito tempo já, de que Chasles era victima d'uma fraude; que elle Dumas nunca havia duvidado de tal; e que a Academia havia consentido, com impaciencia e mágoa, que se prolongasse tal discussão, unicamente por deferencia ao caracter de Chasles. Terminou Dumas dizendo:

«Nós que vemos d'uma parte, como accusados, Newton e Huygens e da outra, como testemunhas unicas, peças falsas e falsarios, não podemos continuar a attender ás considerações que até aqui nos obrigavam a estar calados. Não negaremos a estes grandes homens a justiça que

Dotado, em extremo gráo, do espirito geometrico, d'essa «qualidade rara e preciosa, sem a qual «não podem conservar-se, nem fazer progresso algum, os conhecimentos naturaes do homem, em «qualquer objecto que seja» (45), Newton estendeu até á lua as leis da quédia dos corpos na superficie da terra, determinando o espaço que ella percor-

~~~~~

«se faria ao mais insignificante cidadão. Quando a nossa «consciencia nos brada que está julgado o processo, é «dever nosso proclamar-o, porque somos os defensores da «verdade e os guardas da honra da sciencia. Convencida «de que nunca se rebaixa impunemente o que é grande, «a Academia das sciencias do Instituto de França associa-se com prazer, pelo menos assim o penso, á Inglaterra e á Hollanda, para dizer que em semelhante tentativa não soffreu, nem a glória, nem principalmente a «dignidade de Newton e de Huygens.»

Fallou depois Chevreul, que terminou assim :

«Está adquirida a certeza de que são falsos os documentos allegados para diminuir a glória de Newton e de «Huygens.»

Declarou então Chasles que sem difficuldade concordava em que, no estado actual das cousas, não podia dizer que qualquer das peças, que elle havia communicado, podia deixar duvida alguma e ferir consequentemente Newton e Huygens.

Hoje não pôde haver sombras sequer de duvida.

(45) *Estatutos da Universidade de Coimbra, de 1772.*

ria para a terra n'um curto intervallo de tempo, espaço que reconheceu ser igual, com pequenissima differença. ao que percorreria no mesmo tempo, se sómente estivesse sujeita á attracção da terra, supposta esta força a actuar sobre a lua na razão inversa dos quadrados das distancias. Não parou ahí o genio de Newton; percorreu os espaços de toda a natureza e descobriu uma força universal, em virtude da qual todas as moleculas da materia se attrahem na razão directa das massas e na inversa dos quadrados das distancias. Chegou á fórmula precisa da grande lei que sustenta nas suas órbitas todos os corpos. Combinando depois a força attractiva do sol com a impulsão primitiva que havia atirado os corpos celestes para os espaços, chegou ás leis a que a observação havia levado Képler. Assim a lei de Newton recebeu a sancção da observação. Eis pois completamente banido o empirismo. Newton completou o universo. Justo foi escrever Delille á memoria d'este heroe da humanidade o seguinte:

Loin d'un monde frivole et de son vain fracas,
 De tous les vils pensers qui rampent ici-bas,
 Dans cette vaste mer de feux étincelante,
 Devant qui nostre esprit recule d'épouvante,
 Newton plonge, il poursuit, il atteint les grands corps,
 Qui, jusqu'à lui, sans lois, sans règles, sans accords,

Roulaient désordonnés sous les voûtes profondes :
 De ces brillants chaos Newton a fait des mondes;
 Atlas de tous ces cieus qui reposent sur lui,
 Il les fait l'un de l'autre et la règle et l'appui;
 Il fixe leurs grandeurs, leurs masses, leurs distances.

Para ideias tão sublimes e tão novas era necessaria uma linguagem igualmente sublime e igualmente nova. Apareceu e a obra completou-se. Foi a *Analyse*, que tão fecunda é, que «basta traduzir «n'esta lingua universal verdades particulares, para «ver brotar das suas expressões grande numero de «verdades novas» (46). Foi o calculo infinitesimal, «este admiravel auxiliar da intelligencia humana, «sem o qual o geometra teria talvez sossobrado «ante a grande descoberta da attracção universal, «como um homem vergado debaixo do peso d'um «thesouro, que não póde levantar por faltar-lhe a «força» (47). Não entraremos no pleito que Newton sustentou contra Leibnitz sobre a descoberta do calculo infinitesimal. Diremos apenas que a decisão da Sociedade Real de Londres foi favoravel a Newton; mas que não se acha sancionada pelos geometras modernos. Como quer que fosse, é certo

(46) Laplace, *Exp. do syst. du monde*.

(47) G. de Pontécoulant, *Th. Anal. du syst. du monde*.

que Newton inventou methodos de calculo que concorreram para a criação da theoria da attracção universal.

Entre muitas outras escreveu Newton a immortal obra *Philosophiae naturalis principia mathematica*, que, tanto pela elegancia, como pelo grande numero de ideias originaes e profundas que têm sido os germens de brilhantes theorias, tem gosado sempre até hoje de superioridade sobre as outras producções do espirito humano, como vaticinou Laplace. Em Optica fez tambem importantes descobertas dignas do seu nome.

Aos trabalhos de Newton seguiram-se os de Huygens, d'Euler, de d'Alembert, de Bernoulli, de Clairaut, de Lagrange, de Laplace, de Poisson e de Wronski.

«Huygens foi um d'estes homens de genio a quem a natureza concedeu o raro privilegio de «fazer progredir com passo equal a theoria e as applicações» (48). Descobriu a nebulosa d'*orion* e um satellite de saturno, não procurando outros por causa da extravagante persuasão, em que se achava, de que o numero dos satellites não podia exceder o dos planetas principaes, para haver har-

(48) F. Arago, *Biog. de Huygens*.

monia no systema do mundo; estabeleceu as leis do movimento do pendulo e a theoria das forças centraes; publicou o *Systema Saturnium* e um tratado sobre a luz; e finalmente prestou serviços immensos á Astronomia, á Optica, á Geometria e á Mecânica.

Euler, seguindo o espirito geometrico do grande Newton, abriu na Analyse caminhos novos e preciosos; lançou em maravilhosos methodos os germens de muitas das ideias com que os seus successores fundaram a theoria analytica do systema do mundo; foi o primeiro que apresentou o meio de calcular as desigualdades planetarias, introduzindo na sciencia o bello methodo da variação das constantes arbitrarias; achou magnificas fórmulas para determinar a rotação dos corpos solidos, completando por ellas o importante problema do movimento do eixo e do equador da terra relativamente ás estrellas.

D'Alembert, um dos genios mais brilhantes das mathematicas, subiu ás regiões mais sublimes da Mecânica e enriqueceu-a com ferteis conquistas; simplificou a Dynamica reduzindo-a mui facilmente á Estática; foi o primeiro que applicou a Analyse ás questões da precessão dos equinoxios e da nutação do eixo terrestre, mostrando estes dous phenomenos como simples consequencias necessarias

do principio da attracção universal, determinando pela theoria as suas leis e chegando até a deduzir as dimensões da pequena ellipse, que havia imaginado Bradley para representar o duplo movimento do eixo da terra. É certo que o seu methodo depende muito da synthese; mas deu a Euler occasião de aperfeiçoar a Analyse para esta questão.

Foi Bernoulli o primeiro que com vantagem se occupou do importante problema das oscillações periodicas do mar. Considerando a acção do sol e da lua, chegou a fórmulas approximadas, que grandes serviços têm prestado á navegação.

Clairaut occupa um lugar distincto na historia das sciencias pelas brilhantes descobertas na theoria do equilibrio e do movimento dos fluidos. Encetou a questão das perturbações do movimento elliptico d'um cometa que passa perto d'um planeta, e, por meio de calculos immensos, chegou a pre-dizer a época da volta do cometa de Halley ao seu perihelio em 1759, confirmando por esta fórma bem segura a lei da attracção universal; apresentou uma solução particular do problema dos trez corpos, solução que applicou ao movimento da lua; e finalmente estabeleceu uma theoria mathematica da figura da terra.

Lagrange e Laplace foram dous vultos transcendententes a formar um genio. Seguindo direcções

inteiramente differentes, Lagrange entusiasmado com a Analyse e Laplace sorprendendo os segredos da natureza, trabalharam na mesma obra. Aperfeiçoaram ambos a Mecánica Celeste, obra realmente digna de dous genios assim.

O transcendente genio mathematico de Lagrange revelou-se bem cedo. Era uma criança de 16 annos (49) e já era professor de Mathematica na Escola Real de Artilheria! Para elle a Analyse era a sciencia por excellencia; pelo *principio das velocidades virtuaes* reduziu a Mecánica a um ramo da Analyse e na Mecánica Celeste viu apenas uma nova carreira que para ella se abria. Os seus trabalhos são tantos e tão variados, que entendemos não dever enumeral-os. Diremos sómente que, graças aos cuidados de Serret e á protecção do ministro da instrucção publica, estão-se publicando em França as suas obras completas.

A Laplace deve a Mecánica Celeste os seus mais importantes resultados. O titulo mais nobre do Marquez de Laplace é o de autor da obra *Mécanique Céleste*. É ella uma obra que em todos os tempos ha-de ser lida com profunda admiração, apezar de

(49) Delambre diz 16; mas outros dizem 15 e outros 19.

não serem hoje admissíveis muitas das ideias que apresenta, como a estabilidade do systema planetario pela invariabilidade dos eixos maiores das órbitas dos planetas, como a theoria das marés, que é incompleta, e como a theoria do plano invariavel. Temos citado, quasi em cada uma das paginas que deixámos escriptas, a sua outra obra *Exposition du systéme du monde*, que é tambem um florão da sua corôa. Prestámos assim este tributo de homenagem, já que nossas forças não nos permitem outro.

Poisson apresentou uma brilhante analyse sobre a permanencia dos pólos na superficie da terra e sobre a constancia da uniformidade da rotação diurna, demonstrando que as suas variações serão sempre insensíveis.

Wronski descobriu a lei suprema e apresentou a refórma da Mecânica Celeste. Considerando as forças inherentes aos corpos do systema, forças que chamou *technicas*, e as estranhas a esses corpos, fez derivar da harmonia de todas ellas a estabilidade do systema do mundo.

Houve n'este periodo muitos astrónomos distinctos, mas entre elles citaremos apenas William Herschel, porque são consideravelmente valiosos os seus trabalhos sobre o ponto d'esta dissertação.

Apresentar uma resenha dos trabalhos de tão illustre astrónomo seria escrever um tratado completo d'Astronomia.

* * *

Astronomia Physico-Chimica — Com a maravilhosa descoberta da analyse espectral nasce um ramo inteiramente novo na Astronomia.

Immenso é o campo que se offerece assim ao exame da observação. Os seus limites são os do universo inteiro. A luz é o unico guia que encontra quem pretende lá entrar e percorrel-o. É um oceano de luz onde não ha o perigo de naufragio.

Foi Newton quem mostrou a ponta do fio que mais tarde havia de dirigir a sciencia n'estas novas investigações. Descobriu Newton que as bellas côres do arco-iris são as componentes communs e necessarias da luz ordinaria. É-lhe devido o *espectro luminoso*, fonte brilhante do mundo das côres. Foi assim um dos fundadores da Optica moderna.

N'este ponto não deu a sciencia passo algum mais até ao começo do seculo actual. Em 1802 Wollaston e em 1815 Fraünhofer estudaram attentamente o espectro solar. Procurando n'elle alguns pontos fixos e independentes da natureza dos prismas, a que podessem referir as zonas e as côres do espectro solar, descobriram que estas não são con-

tinuas, mas interrompidas por um numero consideravel de raias escuras.

Foram assim descobertos os symbolos que haviam de indicar a composição chimica do sol. Começou o estudo que mais tarde devia fazer brotar um ramo novo na grande arvore da sciencia — a Chimica Celeste.—

Investigou immediatamente Fraünhofer se a producção e a disposição de semelhantes raias são devidas a alguma lei; mas não chegou a resultado algum satisfactorio. Escolheu depois as mais visiveis e mais distinctas para pontos de partida das investigações a que ia proceder n'este novo genero de trabalhos. Foram as oito principaes, que designou pelas oito primeiras letras do alphabeto, chegando a contar 600. Mais tarde David Brewster contou 2000 e hoje conhecem-se 3000 e tantas.

Dous physicos distinctos da Universidade de Heidelberg, Kirchoff e Bunsen, descobriram depois a verdadeira natureza de taes raias, chegando pela experiencia ao conhecimento do principio seguinte: «o espectro de qualquer luz artificial apresenta «na distribuição das suas raias, brilhantes e escuras, uma ordem invariavel, que fornece um character rigoroso para distinguir essa substancia «d'outra qualquer». Comparando depois os espectros que no estado ignito davam certas substan-

cias destinadas a ser comparadas chimicamente, chegaram ao conhecimento da seguinte lei chimica: «no espectro de qualquer elemento, que existe em «suspensão n'uma chamma, apparecem as raias segundo uma distribuição propria». Mostrou mais Kirchoff que, se entre o observador e o corpo incandescente existem vapores, apparecem grupos de raias escuras nos espectros e que o grupo d'estas raias produzido por cada vapor é identico, no numero e na posição, com o grupo das raias brilhantes que apparecem quando o vapor está luminoso.

Miller e Huggins, a quem é devida uma brilhante parte dos progressos que n'estes ultimos tempos tem feito n'este ponto a sciencia dos céos, estabeleceram os seguintes principios, que constituem a base da interpretação que dão dos phenomenos observados nos espectros dos corpos celestes:

1.º «Um espectro continuo, cujas zonas não são interrompidas por alguma raia escura ou brilhante, indica que a luz não sofreu modificação alguma desde o astro até ao observador, mas não dá indicação alguma acêrca da natureza chimica da fonte da luz correspondente, que é um corpo solido ou liquido incandescente;

2.º «Um espectro de raias brilhantes, separadas por espaços escuros, mostra que a fonte da luz é uma substancia gazosa e permite descobrir

«se alguns elementos terrestres existem n'esses mundos tão longinquos, pela simples comparação d'essas raias com as dos espectros dados pelas chammas terrestres;

3.º «Um espectro continuo, que interrompem raias escuras, revéla que a fonte da luz é um corpo incandescente, solido ou liquido, e que o raio luminoso atravessa vapores absorventes.»

Taes são os principios estabelecidos hoje em materia tão importante, como maravilhosa, que observadores infatigaveis e investigadores activos hão enriquecido com seus esforços.

Balfour-Stewart, Foucault e o padre Secchi são nomes que abrilhantam as gloriosas paginas da historia contemporanea da Astronomia, como os seus trabalhos abrilhantam a sciencia e o universo.

De mais duas poderosas armas dispõe a Astronomia n'este periodo para as gloriosas conquistas de verdades tão sorprendentes: a electricidade e a photographia.

A electricidade, Briareu que com os braços cobre a terra toda, desde as profundezas do oceano, aonde não chega a luz, até aos dorsos das montanhas, augmenta a vida do astrónomo, diminuindo a duração de muitas observações, e dá-lhe mais confiança nas proprias observações, permittindo-lhe leval-as até pequenissimas fracções de tempo.

A photographia, que é a luz a vencer o tempo como vence o espaço, deixa observar durante muito tempo phenomenos cuja duração é pequena.

* *
*

Ahi fica debuxada a historia dos maravilhosos progressos da Astronomia, cujos dominios serão ampliados de dia para dia, como têm sido até hoje.

Com o decorrer do tempo e com o concurso d'esforços sabios, criar-se-hão ramos novos n'esta sciencia; resolver-se-hão problemas que hoje assombrariam a imaginação; descobrir-se-hão novas leis; e verificar-se-ha a verdade e o erro dos conhecimentos velhos.

Ha-de apparecer a Physiologia Celeste e no planeta por nós habitado ha-de estudar-se em cada um dos outros a sciencia em cada um dos seus pontos.

A questão da unidade da materia e da unidade da força resolver-se-ha completamente, como outras de tanta monta; mas surgirão outras, que demandarão esforços novos.

O futuro está escripto no passado. As maravilhas dos progressos da Astronomia hão-de continuar. O espirito não póde parar. O movimento é universal. «Caminhar, caminhar sempre» é a grande lei da criação e da civilização.

Não somos visionarios; mas nem orgulhosos. Está sempre presente á nossa meditação a sentença que entre as ultimas agonias proferiu o grande Laplace: «é pouco o que sabemos e immenso o que ignoramos». Os seculos futuros hão-de confirmar tal sentença, um dos mais preciosos legados que aquelle genio deixou ao mundo.

Caminhar pois.

* * *

«E de notar que as verdades subministradas á razão, que lhe dão actividade, que são como a materia e a base fundamental do raciocinio, dividem-se em tres especies:

«Primeiro, ha principios evidentes em que se apoia o raciocinio nas demonstrações *a priori*, «unicas que merecem rigorosamente este nome. «As verdades d'elles logicamente deduzidas entram por tal fórma no dominio da razão; a razão asse-
nhorea-se tão completamente d'ellas, que não as póde considerar superiores a si ou antes fóra do quadro que abrange.

«Segundo, ha factos da experiencia (50).

«Terceiro, ha os artigos da fé». (51).

(50) Acrescentamos «e da observação».

(51) Pedro Amorim Pianna, *Defeza do Racionalismo*.

Os principios da Astronomia pertencem evidentemente ás duas primeiras especies. Como ramo da Philosophia da natureza, a Astronomia não procura adivinhar só, examina o que presente; não dogmatiza, observa; não s'esconde no incompreensivel, caminha logicamente de inducção em inducção. A natureza não se cobre com o véo dos mysterios; revela-se á razão e á observação.

Não ha mysterios na Astronomia; nem um. Ha segredos e muitos. Segredos não são mysterios: estes são superiores á razão e aquelles convidam-na ao trabalho; os mysterios são mysterios sempre, em todo o espaço e para todos e os segredos são descobertos com o trabalho e com o tempo, n'um ou n'outro ponto e por uma ou outra pessoa; o que é superior á razão nunca se comprehende e o estudo ensina o que se ignora. Segredos ha muitos na Astronomia e ha de haver sempre, como em toda a natureza; mysterios, nem um.

* *
*

Um dos problemas mais importantes de que se incumbe a Astronomia é incontestavelmente o movimento do centro de gravidade do systema planetario. A sua resolução indica a posição que occupamos no espaço e conduz-nos a noções exactas sobre a constituição do universo.

E este o problema que temos de resolver n'esta obra, que nos impõe, para ultimar a nossa carreira academica, um preceito de difficil cumprimento, mas abonado realmente por bem solidas razões.

Dividiremos a obra em trez partes, como nol-o indica o caminho que em todos os tempos tem seguido a Astronomia. Na primeira exporemos algumas noções sobre a constituição do universo e especialmente do systema planetario, noções indispensaveis para a resolução do problema que nos occupa. Na segunda applicaremos os principios da Mecánica ás condições do systema planetario. Na terceira consultaremos a observação e mostraremos os brilhantes resultados a que ella conduz, guiada pela theoria.

PARTE PRIMEIRA

La nature est le règne de la liberté, et pour peindre vivement les conceptions et les jouissances que fait naître un sentiment profond de la nature, il faudrait aussi donner à la pensée une expression libre et noble en harmonie avec la grandeur et la majesté de la création.

A. DE HUMBOLDT.

CAPITULO PRIMEIRO

Astronomia Planetaria e Cometaria

Systemas celestes e em especial o systema solar ou planetario. Planetas, satellites e planetoides ou asteroides. Cometas e corpos celestes diaphanos. Via lactea. Breves considerações sobre a harmonia do systema planetario.

O complexo de corpos celestes, comprehendidos n'uma determinada porção do espaço e ligados entre si por leis que regulem os seus movimentos, constitúe um *systema celeste*, cujo centro é o maior d'esses corpos. Um complexo d'estes systemas constitúe pela mesma fórma um systema d'ordem superior. O universo, «producto do movimento universal» (1), é o complexo de todos os systemas celestes, é *um systema composto d'uma infinidade de systemas*.

(1) Nelson, *Movitisme universel*.

Um d'estes systemas é o *solar* ou *planetario*, que é constituido tambem por outros. O sol é o seu centro. Circulam ao redor d'este astro, apresentando discos quasi circulares, os *planetas* e os *planezoides* ou *asteroides*. Ao redor de muitos dos planetas circulam pela mesma fórma os *satellites*, constituindo systemas secundarios, cujos centros são aquelles corpos. Produzindo phenomenos extravagantes e caprichosos ao primeiro volver d'olhos, movem-se outros corpos, que do seu aspecto receberam o nome de *cometas*.

Eis o *systema solar* ou *planetario*, que mais tarde mostraremos ser uma pequenissima fracção do universo.

* *

Segundo a etymologia da palavra, *planeta* é um *astro errante*; pois tal é a significação da palavra grega *πλανητης*.

Para os antigos, eram planetas os astros que, sem pertencerem a uma constellação determinada, atravessavam muitas successivamente.

Para os modernos e como a sciencia hoje os considera, são corpos celestes que percorrem órbitas quasi ellipticas, em um de cujos fócios está o sol, e que recebem d'este astro todo o seu brilho. Formam o cortejo do rei do seu systema, que os pro-

tege com a luz, com o calor e a muitos com a vida. Distinguem-se ainda das estrellas, porque scintillam muito menos, especialmente em certa altura.

Os povos antigos conheciam apenas cinco planetas. Por elles, pelo sol e pela lua estabeleceram a semana, deduzindo d'elles os nomes para os dias. Eram mercurio, venus, marte, jupiter e saturno.

São estes os planetas que conheciam os Chaldeus e são tambem aquelles de que fallaram Platão, Pythágoras e Ptolomeu. Nos poemas de Homero e de Hesiodo vem apenas citado o planeta venus.

Um seculo antes da era christã, Artemidoro, que citam Strabão e Plinio, sustentava ser infinito o numero dos planetas e que não podiam distinguir-se por causa da distancia. Demócrito professava a mesma opinião e Séneca ia mais longe, fallando da possibilidade de serem descobertos outros planetas, além dos cinco conhecidos então.

Os antigos ignoravam as leis dos movimentos planetarios, como já dissemos. Os Egypcios attribuiam aos planetas qualidades beneficas ou maleficas e serviam-se d'elles para prognósticos. Para os Chaldeus eram presagios de irregularidades das estações, dos terremotos e d'outros factos d'esta ordem e tinham a importante missão de presidir aos nascimentos.

No estado actual da sciencia, distinguem-se pelas

dimensões dous grupos de planetas: os principaes e os pequenos planetas, os *planetas* propriamente ditos e os *planetoides* ou *asteroides*.

Os principaes conhecidos hoje com certeza são oito: os cinco que conheciam os antigos, a terra, urano, que W. Herschel descobriu em Bath no dia 13 de março de 1781, e neptuno, que, pelas indicações de Le Verrier, descobriu Galle em Berlim no dia 23 de setembro de 1846.

Segundo A. de Humboldt (2), formam os planetas dous grupos distinctos: os do primeiro, mercúrio, venus, terra e marte, estão mais proximos do sol e uns dos outros; não são acompanhados por satelites, excepto a terra; e são de dimensões menores; bastante densos e pouco achatados; o segundo é formado por astros que se estendem até ás ultimas fronteiras do systema solar, desconhecidas ainda; centros todos de movimentos satelliterios; de dimensões mais consideraveis; com maior velocidade de rotação; menos densos e mais achatados que os primeiros.

Tomando para ponto de partida a orbiterra, F. Arago (3) estabeleceu tambem dous grupos: o dos

(2) *Cosmos*.

(3) *Astr. Pop.*

interiores, mercurio e venus, e o dos *exteriores*. Considerando effectivamente os phenomenos do systema solar como na realidade se passam, notaremos que aquelles circúlam em órbitas interiores e estes em órbitas exteriores á orbiterra. Considerando a apparencia d'estes phenomenos, chama F. Arago planetas *inferiores* os primeiros e *superiores* os segundos; porque as distancias angulares entre o sol e os primeiros, vistas da terra, ficam sempre comprehendidas entre limites fixos e entre os segundos podem ellas adquirir todos os valores, por fórma que, de tempos a tempos, acham-se estes planetas em pontos diametralmente oppostos ao sol.

Os planetas são representados pelos symbolos seguintes:

mercurio	☿
venus	♀
terra	♁
marTE	♂
jupiter	♃
saturno	♄
urano	♅
neptuno	♆

O symbolo do sol é ☉.

De todos estes planetas o mais proximo do sol

é mercurio e o mais distante é neptuno, como mostra um quadro que adiante transcreveremos da obra *Traité élémentaire d'Astronomie Physique* de Biot (4). Modernamente tem sido ventilada, entre as mais elevadas difficuldades da theoria e da prática, a importantissima questão da existencia de um ou de mais planetas intramercuriaes. «Circularão um ou «mais planetas em órbitas interiores á de mercurio?» foi o quesito proposto pela illustradissima Faculdade de Mathematica para a Dissertação Inaugural do Ex.^{mo} Dr. Almeida Garrett. Percorrendo com o auxilio da Analyse os espaços intramercuriaes, expondo tão minuciosa, como claramente, todas as observações relativas a esta questão e confrontando com todo o rigor a theoria e as observações, finalmente depois d'um trabalho completo, chegou este nosso illustre amigo á seguinte conclusão:

«Baseando-nos em tudo o que fica exposto com «a necessaria extensão e que resumidamente deixá-
«mos esboçado, affirmamos que os factos não são
«conformes com a existencia de um planeta unico,
«circulando em uma órbita interior á de mercurio,
«principalmente se fôr de massa importante e que

(4) Tom. 5.

«faça desaparecer as anomalias originadas no movimento d'este astro (5).

«Pesando pois estes argumentos que a Astronomia theorica e prática nos fornece, e em fim tudo «o que se ha exposto com a sufficiente extensão no «decurso do nosso trabalho, quer favoravel, quer «adverso, julgamos não ser licito dar como provada a existencia de planetas que circulem em «órbitas inferiores á de mercurio; mas tambem não «podemos asseverar que taes corpos não existem.

«É opinião nossa que a questão por emquanto «se deve considerar indecisa; e acreditamos que, «sendo empregados convenientemente os planos «methodicos de observação que em resumo indicámos, ficaria ella resolvida, positiva ou negativamente, em uma época não muito remota.» (6)

O movimento real de todos os planetas é no mesmo sentido, do occidente para o oriente.

As suas órbitas são pouco excentricas e pouco inclinadas sobre a ecliptica.

As suas massas são representadas por pequenas fracções, sendo representada por 1 a do sol.

Tudo isto mostra o seguinte quadro, que transcrevemos da obra já citada de Biot:

(5) Pag. 161.

(6) Pag. 163.

Planetas	Distancias médias ao sol	Excentricidades	Inclinações sobre a eclíptica	Massas
♀	0,3870987	0,2056179	7° 0' 8",16	$\frac{1}{30000000}$
♀	0,7233322	0,0068334	3° 23' 30",75	$\frac{1}{401847}$
♂	1,0000000	0,01677046	0° 0' 0"	$\frac{1}{334936}$
♂	1,5236910	0,0932616	1° 51' 5",08	$\frac{1}{2680337}$
♂	5,2027980	0,0482388	1° 18' 40",31	$\frac{1}{1070}$
♂	9,5388520	0,0559956	2° 29' 28",14	$\frac{1}{3512}$
♂	19,1826390	0,0465775	0° 46' 29",91	$\frac{1}{21000}$
♂	30,0369700	0,0087195	1° 46' 58",97	$\frac{1}{11100}$

«John Herschel ensaiou, para fazer comprehender melhor as relações approximadas entre os volumes e as distancias dos planetas ao sol, a hypothese seguinte:

«Se estivesse sobre um terreno descoberto um globo de 60 centimetros de diametro, a representar o sol, seria necessario para representar *proportionalmente* os planetas, indicar:

«mercurio por um grão de mostarda a 28 metros
 «de distancia,
 «venus por uma ervilha a 50,
 «terra por outra » 75,
 «marte por uma cabeça grande de alfinete a 114,
 «jupiter por uma laranja de dimensões médias a
 «400,
 «saturno por uma laranja pequena a 644,
 «urano por uma cereja grande » 1205,
 «e neptuno por uma ameixa grande » 16010 (7).

Divisam-se manchas nos discos de venus, de marte e de jupiter. As manchas escuras de venus são persistentes como a da lua e parecem ser devidas á natureza das regiões correspondentes do planeta. As de marte são distinctas sómente nos

(7) A. de Guynemer, *Dictionnaire d'Astronomie*.

pólos, cuja côr alvadia parece indicar acervos de neve como nos pólos terrestres. Em jupiter descobrem-se listões brilhantes no seu equador e manchas escuras, que parecem dotadas d'um movimento independente da rotação d'este planeta. Segundo W. Herschel, as regiões polares de saturno apresentam côres mais ou menos brancas, conforme o sol as tem illuminado durante mais ou menos tempo. Crêmos que, se não são vistas manchas semelhantes em urano e neptuno, é em virtude da immensa distancia em que se acham estes planetas; e emquanto a mercurio, é talvez por este planeta estar muito proximo do sol, mergulhado quasi sempre nos seus raios.

Chamam-se, em geral, *satellites* todos os corpos celestes que circulam ao redor d'um outro mais consideravel; mas no systema planetario são corpos que circulam ao redor dos planetas como estes circulam ao redor do sol.

Como já dissemos, são mercurio, venus e marte os unicos planetas que não são centros de movimentos satelliterios.

Quem, desde os seus primeiros dias, não conhece a lua?.. A confidente mais segura dos segredos mais intimos e mais castos do coração?.. A companheira fiel da terra, cujas trevas tantas vezes vem

dissipar?.. A «pupilla de Deus» (8)? O astro que João de Lemos cantou assim:

«Amo o tibio clarão do argenteo disco,
 «Porque a luz do luar não céga os olhos,
 «Como faz a do sol, porque me deixa,
 «N'esse lago d'anil, por onde esplende,
 «Namorar-lhe a belleza.

«Amo as rosas do céo, que se emmurhecem,
 «Quando a lua vaidosa as vai pizando,
 «Amo as nuvens c'os seios bipartidos,
 «De respeito alastrando eburnea senda
 «Á rainha dos astros»?

Conhecem-na todos. «Astro da meditação e do
 «mysterio por excellencia, o facho destinado a il-
 «luminar as noutes terrestres tem tido sempre o
 «privilegio de attrahir os olhos e os pensamentos.
 «Parece que, reinando no imperio do silencio e da
 «paz, é mais solitaria que outro qualquer astro; a
 «sua luz branca e languida como a da neve, vem
 «arraigar ainda a primeira impressão; fica no pen-
 «samento como a representar a propria noute» (9).

(8) João de Deus.

(9) Camille Flammarion, *Les merveilles célestes*.

É o unico satellite da terra. Descreve ao redor d'este planeta quasi uma ellipse, cuja excentricidade é 0,0548442, cuja inclinação sobre a ecliptica é de 5°8'47" e sobre o plano do equador lunar de 1°28'45". A distancia do centro da lua ao centro da terra é de pouco mais que 60 raios terrestres, de sorte que «uma ponte de 30 terras conduziria «até lá» (10). A sua massa é representada pela fracção $\frac{1}{88}$, sendo representada por 1 a da terra.

O tempo da sua rotação ao redor do seu eixo é quasi igual ao da sua revolução ao redor do seu planeta e seria completa esta igualdade, se desigualdades periodicas não viessem affectar esta revolução. Resulta d'estas circumstancias que escaparão sem-

pre á nossa vista $\frac{3}{7}$ da superficie inteira da lua.

«Um espectador, collocado ao longe no espaço, «avistaria a lua, como um *immenso pendulo*, a li-
«brar-se para a terra, cuja attracção fórça a parte
«alongada do satellite a voltar-se incessantemente
«para ella» (11).

(10) Obra da nota ant.

(11) A. de Guynemer, *Dict. d'Astr.*

É extremamente provavel, tão provavel quanto póde desejar-se no estado actual da sciencia, que esta igualdade se estenda a todos os satellites. Efeito da attracção universal, do «amor dos corpos» (12), é tambem este phenomeno indicio da malleabilidade primitiva dos satellites, cujas massas foram então alongadas para os planetas que os atrahiam.

O disco da lua apresenta manchas escuras, que foram divididas em trez cathegorias principaes: *mares, montanhas e cordilheiras*.

Os mares lunares são espaços pardilhos e extensos, cujo aspecto é differente do que apresentam as manchas reconhecidas por montanhas. *Mare humorum, oceanus procellorum, palus nebularam, mare serenitatis e mare fecunditatis* são nomes de alguns d'estes mares. Hevélius, que apresentou uma descripção minuciosa da lua na obra *Selenographia*, e Riccioli especialmente, deram ás principaes montanhas da lua os nomes de certos lugares principaes do nosso planeta e de alguns homens célebres. Plató, Archimedes, Tycho-Brahé, Copernico e outros lá têm os seus nomes nas cartas lunares.

Jupiter é acompanhado por quatro satellites, que

(12) Eugène Nus.

Galileu chamou *astros de Médicis*: o primeiro é amarello e mais brilhante que todos os outros; o segundo um pouco azulado; o terceiro amarelado e, se não fosse o brilho do seu planeta, seria sempre visível para a vista desarmada; o quarto finalmente apresenta uma côr vermelha carregada. No *systema joviano* dá-se uma circumstancia mui digna de notar-se: o segundo satellite é mais denso que o proprio planeta. Os eclipses dos trez primeiros satellites são frequentes; mas «não podem ser simultaneos» (13). São menos frequentes os do quarto por causa da sua inclinação sobre o equador do planeta.

Saturno está collocado dentro d'um anel, que póde considerar-se um aggregado de satellites ligados entre si invariavelmente, e é centro dos movimentos de oito satellites, cujos nomes são: mimas, encélado, thétis, diana, rhéa, titan, hyperion e japheto. Mimas, que de todos os satellites é o que está mais proximo do planeta respectivo, offerece ainda o unico exemplo d'uma revolução completa em menos de 24 horas, em 22^h 37^m e 22^s.

Para urano gravitam oito luas e para neptuno duas.

(13) 6.^a das theses que nos propomos defender em *Mecânica Celeste*.

Os satellites percorrem, como os planetas, órbitas pouco inclinadas sobre a ecliptica, movendo-se do occidente para o oriente; só o *systema uraniano* offerece uma excepção extremamente curiosa. Os satellites de urano percorrem do oriente para o occidente órbitas quasi perpendiculares sobre a ecliptica. Anomalia singular!. . Será por ficar urano nos confins do systema planetario, onde a força attractiva do sol é realmente muito pequena?... Não o sabemos; crêmos todavia que não é esta a unica causa de ser o movimento d'estes satellites *em sentido contrario* ao dos outros.

Harmonia admiravel entre as formações celestes e as organicas! «Evidentemente a natureza procede nas formações celestes como no reino da vida organica, onde tantas vezes apparecem as classes secundarias a reproduzir os typos primitivos» (14).

Planetoides ou *asteroides* são pequenos corpos planetarios, que hão sido descobertos desde o começo do seculo actual. Offerecem a apparencia d'estrelas de 8.^a a 11.^a grandeza e, segundo as melhores

observações, os seus diametros não excedem $\frac{1}{12}$ do

(14) A. de Humboldt, *Cosmos*.

terrestre. As suas distancias ao sol estão comprehendidas entre a de marte e a de jupiter. Parece que estão a separar os dous grupos estabelecidos por A. de Humboldt. Na hypothese de John Herschel, de que fallámos, ha pouco, devem ser representados por grãos d'areia collocados desde a distancia de 175 até 210 metros. As suas órbitas, que percorrem segundo as leis dos planetas, têm inclinações mui variadas sobre a ecliptica; cortam-na todavia sempre no mesmo ponto. Em alguns esta inclinação e a excentricidade são muito consideraveis. Segundo os calculos de Le Verrier, as massas

de todos os planetas não excedem $\frac{1}{4}$ da massa ter-

restre, porque, se o excedessem, a sua attracção teria produzido no movimento do perihelio de marte desigualdades maiores que as reconhecidas até hoje.

Olbers suppoz que estes corpos eram estilhaços d'um planeta extincto por uma causa fortuita.

Os primeiros planetoides descobertos foram:

Ceres ζ , por Piazzi, em Palermo no 1.º de janeiro de 1801,

Pallas η , por Olbers, em Bremo no dia 28 de março de 1802,

Juno ξ , por Harding, em Lilienthal no 1.º de setembro de 1804,

Vesta ☿, por Olbers, em Bremo no dia 23 de março de 1807.

Hoje são conhecidos 106, pelo menos. Ainda em abril do corrente anno foi descoberto um em Marselha.

* * *

Estrella crinita — eis a significação etymologica da palavra *cometa*, em grego κομήτης.

Para Xenophánes e Théon d'Alexandria eram os cometas *nuvens errantes de luz*.

Assassinos, incendiarios, vagabundos que espalhavam a destruição e a morte pelos espaços celestes, ferozes inimigos de toda a criação eram os cometas para muitos, entre os antigos!.. Em 837 Luiz, o Pio, de França, aterrou-se com a apparição d'um cometa por fórma tal, que mandou erigir muitos conventos para chamar a Divindade em seu auxilio contra inimigo de tanto perigo!... O papa Calisto III fez conjurar o cometa de 1456!.. Whiston lembrou-se de attribuir a um cometa o diluvio de Noé!.. E todavia os annaes da Astronomia Chinezã, que se estendiam desde o anno 613 antes da era christã, achavam-se enriquecidos já com muito minuciosas particularidades e com importantes documentos acérca dos cometas!... O homem, cego pela pretensão de que a criação inteira havia appa-

recido para elle só e considerando o universo um vasto theatro para as suas delicias e para os seus gozos, via nos cometas apenas castigos para os seus crimes ou preludios de taes castigos!..

Já démos noticia das ideias de Tycho-Brahé n'este ponto, ideias que foram acceitas por Képler. Para estes dous astrónomos eram os cometas verdadeiros corpos celestes que percorriam ao redor do sol ellipses muito alongadas, obedecendo ás leis dos movimentos planetarios. Para Képler havia «mais cometas no céo que peixes no oceano» (15)!.. Newton e Laplace vieram corroborar a hypothese de Tycho-Brahé e as leis de Képler.

Hevélius, na sua *Cometographia*, em 1668, em paginas ricas d'erudição, apresentou a ideia, inteiramente nova então, de que eram parabólicas as órbitas cometarias.

Cassini considerou o cometa de 1652 uma formação recente e composta d'emanções provenientes da terra e dos outros planetas. Este astrónomo, que havia substituido as ellipses de Képler, nos movimentos planetarios, por curvas a que deu o modesto nome de *cassinoides*, teve tambem a singular ideia de collocar na estrella *sirius* o centro do movimento do cometa de 1664.

(15) A. de Humboldt, *Cosmos*.

Ha poucos annos ainda, appareceu a theoria de Ch. Nagy, cujo germen já descobrímos entre alguns filhos da escola Pythagórica (16), e em Galileu (17), «theoria que nos parece muito verosimil» (18). Os cometas, «estes protheus, estes camaleões dos céos» (19), são simples phenomenos luminosos, illusões opticas, imagens do sol produzidas por corpos celestes diaphanos e pelas atmosferas planetarias. Estas, como aquelles corpos celestes, são verdadeiras lentes que existem nos espaços.

Se a alguns parecer extraordinaria esta theoria, lembrem-se de que «as ideias extraordinariamente grandessão acolhidas sempre como desatinos» (20).

De quatro ordens são os phenomenos que offerecem os cometas: os da sua visibilidade e apparição, os do aspecto, os da luz e finalmente os do movimento.

Da terra são visiveis os cometas, só quando occupam o perihelio, um pouco antes e um pouco

(16) Pag. 12.

(17) Pag. 43.

(18) 5.^a das theses que nos propomos defender em *Astronomia Physica*.

(19) Ch. Nagy, *Cons. sur les cométes ou Élé. d'une Cométologie*.

(20) Nelson, *Movitisme universel*.

depois. A sua apparição, em geral, é súbita, como é algumas vezes a desappareição; mas em geral vão desapparecendo lentamente. A duração da sua visibilidade é curta quasi sempre, mas varia consideravelmente, estendendo-se desde alguns dias até cem e mais ainda.

Tres partes bem distinctas constituem os cometas: o *nucleo*, a *cauda* e a *crina* ou *nebulosidade*. O nucleo é a parte principal e mais intensa; cerca-o uma aureola luminosa, que é a crina. A cauda é um rastilho mais luminoso que a crina. Têm sido observados alguns cometas sem cauda e sem nucleo apparente, mas nunca sem crina. Dous ou trez têm apparecido com duas caudas, a mais curta das quaes era dirigida para o sol. Algumas vezes apparecem as caudas divididas em duas, trez ou mais porções, até sete, sendo esta divisão feita por linhas escuras. É consideravel a differença entre as grandezas, tanto dos cometas inteiros, como das suas partes; nos nucleos porém não são muito grandes estas differenças. Os nucleos mudam de fórma, de grandeza e de brilho. Varia o aspecto das caudas e das crinas em cada instante, transformam se umas nas outras e á custa d'uma d'estas desenvolve-se a outra. Os nucleos algumas vezes têm a fórma de focos d'incendio e as caudas parecem muitas vezes agitadas pelo vento. Os cometas são perfeitamente diaphanos

em todas as suas partes e tanto, que atravez d'elles são visiveis as estrellas, ainda as de luz mais fraca. Não refrangem a luz.

É variavel a intensidade da luz dos cometas, luz que não é propria. Os cometas vistos nas vizinhanças do sol são tão brilhantes como elle, se não são mais ainda. Á proporção que vão-se desviando do sol, vai desaparecendo a sua luz, que desaparece completamente quando chegam á distancia da órbita de jupiter.

Em geral é rapido o movimento dos cometas, cujo sentido é directo ou retrogado, isto é, do occidente para o oriente ou do oriente para o occidente. Movem-se n'este sentido tantos, quantos n'aquelle: circumstancia que deve ser notada muito especialmente. As observações não têm podido dar directamente as órbitas de todos os cometas, porque é muito diversa a duração da sua revolução, estendendo-se desde trez annos e quatro mezes, como tem lugar no cometa d'Encke, até milhares de seculos. Segundo as observações, as distancias perihelias estão comprehendidas entre 0,006 e 4, sendo 1 a distancia média da terra ao sol; a inclinação das suas órbitas entre 0° e 90° ; a longitude dos nodos ascendentes e a do perihelio entre 0° e 360° .

Eis os phenomenos cometarios; segue-se agora a theoria que os explique.

Eis o «como»; venha o «porque». Realmente é muitas vezes consideravel a distancia d'este áquelle.

O «porque» é a theoria de Ch. Nagy, que é a que mais se harmonisa com todos estes phenomenos. Senão é, venha a resposta a estas perguntas que elle apresenta na sua obra já citada:

«É verosimil, é possivel que uma materia qualquer no espaço possa assumir uma figura semelhante á d'um cometa?

«Póde conceber-se, é possivel que um corpo celeste sujeito ás leis geraes possa conservar uma fórma semelhante á d'um cometa?

«É verosimil, é possivel que uma materia qualquer, constituída em corpo celeste, possa passar por transformações incessantes e bruscas, como as dos aspectos dos cometas?

«Póde conceber-se, é possivel que um corpo celeste, sujeito ás leis da Mecánica e da Physica, seja dotado d'uma certa força interior, que lhe seja inherente e que determine as transformações observadas nos cometas, isto é, póde um cometa transformar-se pela sua propria vontade, por uma força inteiramente sua e independente das forças exteriores?

«Póde conceber-se, é possivel que haja forças diferentes espalhadas no espaço a actuarem sempre n'um sentido, n'uma direcção e com certa in-

«tensidade sempre, como lhes fôr imposto, para
«transformarem os cometas em qualquer parte em
«que se achem?

«É verosimil, é possível que um corpo celeste,
«gyrando ao redor do sol segundo as leis conheci-
«das, possa manifestar nas suas condições de visi-
«bilidade modificações tão excepcionaes, como ma-
«nifestam os cometas?

«É possível que os cometas possam subtrahir-se
«às leis que regem a visibilidade dos corpos celes-
«tes e póde a sua luz sofrer modificações differen-
«tes das que são conhecidas pelos phenomenos ge-
«raes e pelos principios da sciencia?»

Se os cometas não são realmente imagens do sol,
venha ainda a resposta á seguinte pergunta:

Onde estão as imagens do sol que, segundo os
principios da Optica, *necessariamente* hão-de ser
formadas pelas atmospheras planetarias, cuja exis-
tencia está posta fóra de qualquer dúvida pela ana-
lyse espectral?

A theoria de Ch. Nagy, além de explicar todos
os phenomenos cometarios, mostra a harmonia entre
estes e os planetarios!

E os corpos celestes diaphanos?... Como mostrar
a sua existencia, se estão lá nos espaços e não são
visiveis?... São planetas?... Como descobrir os seus
movimentos?... De que substancia são formados?...

Eis as dúvidas que surgem contra a brilhante theoria de Ch. Nagy, dúvidas que, por serem a negação de toda a sciencia, constituem o triumpho mais brilhante de tal theoria.

Qual é a natureza da força?

Ignora-se; todavia a força é estudada e medida pelos seus effeitos; todavia a Mecânica é uma sciencia.

Quem vê o ether?... Quem o apalpa?...

Ninguem; todavia a sciencia hoje não póde duvidar da existencia d'este «verdadeiro Protheu que, «revestindo todas as fórmas, se revêla ao astrónomo no phenomeno da gravidade, como já se revelou ao physico debaixo da fórma de luz e calor» (12).

Ninguem vê o ether, ninguem o apalpa; todavia é elle um dos principios geradores do equilibrio dynamico do universo.

Ninguem vê o ether, ninguem o apalpa; todavia na luz a theoria das ondulações é acceita por todos; todavia a Optica é hoje a theoria das ondulações.

Ninguem vê o ether, ninguem o apalpa; todavia a theoria dynamica do calor é confirmada pelas

(21) Dr. José Falcão, *Dissertação Inaugural*.

experiencias; todavia a Thermodynámica tem já hoje os fóros de sciencia.

Quem póde tocar o sol, as estrellas e o universo?

Ninguem; todavia a intelligencia humana descobre a sua constituição physica e a sua composição chimica. A luz, que guia o genio n'estas investigações, não póde guial-o tambem no estudo dos phenomenos cometarios?

Quem vê, quem apalpa Deus, a causa primária do universo inteiro?

Ninguem; todavia ninguem duvida, ninguem póde duvidar da sua existencia.

Que importa que não vejamos os corpos celestes diaphanos, se os cometas apparecem como consequencias da sua existencia?

Que importa que não sejam conhecidos, antes dos movimentos cometarios, os movimentos dos planetas diaphanos, se estes movimentos são manifestados por aquelles?

Que importa que não se saiba de que substancia são formados os cometas, se no estado actual da sciencia não é licito considerar a natureza composta toda dos elementos terrestres? Quem é autorizado a confundir a terra com a natureza inteira?

«O character essencial das leis scientificas é a immutabilidade. Estas leis não admittem, nem reco-

«nhecem excepção; não transigem; não são diplomatas» (22).

As leis scientificas não são obra do homem; são estabelecidas pelo Criador Supremo e descobertas por aquelle. Na sciencia apparecem pela fórma por que appareceu a theoria de Ch. Nagy sobre os cometas.

«Nota-se primeiramente que a cousa é assim; as «observações repetidas, numerosas e combinadas «com as experiencias estabelecem que a cousa é «assim e não d'outra fórma; na certeza da constancia e da permanencia de tal estado da cousa, procura-se a sua causa e chega-se a demonstral-a exactamente, provando-se evidentemente que a cousa «deve ser assim e não póde ser d'outra fórma. É «decretada a lei; é a transição natural das observações acêrca dos phenomenos da natureza para «a natureza das cousas.

«Para elucidar por meio d'um exemplo o andamento da descoberta d'uma lei scientifica, tome-se, como faz toda a gente, um simples triangulo. «Acha-se que a somma dos angulos internos d'um «triangulo qualquer, tomado por acaso, é igual a

(22) Ch. Nagy, *Cons. sur les comètes ou Élé. d'une Cométologie.*

«180°; tomam-se muitos triangulos de aspecto dif-
 «ferente e acha-se ainda igual a 180° a somma dos
 «trez angulos; vê-se finalmente que não ha um trian-
 «gulo que não dê o mesmo resultado, qualquer que
 «seja a proporção entre os trez angulos, tomados
 «dous a dous. Não é ainda isto uma lei; o trian-
 «gulo é assim. Chega-se depois a demonstrar por
 «meio da analyse, por meio da synthese, por cem
 «modos differentes, que o triangulo deve necessa-
 «riamente reunir 180° nos seus trez angulos, nem
 «mais, nem menos, e que é absolutamente impos-
 «sivel deixar de ser assim. Está estabelecida a
 «lei» (23).

Procedeu assim Ch. Nagy. Havemos de acceitar
 como verosimil a sua theoria sobre os cometas ou
 rejeitar a sciencia. Uma das duas.

Facto extraordinario é a historia da Astronomia
 Cometaria!... Phenomenos tão simples por si e co-
 bertos, durante tantos seculos, pelo véo do segredo!

«Em quanto a Astronomia, em geral, caminha
 «com passo seguro atravez dos seculos, um dos
 «seus ramos, a Astronomia Cometaria retrogra-
 «da» (24)! É o que nos mostra a historia; mas Ch.

(23) Ch. Nagy, *Cons. sur les comètes ou Élé. d'une Cométologie.*

(24) Ch. Nagy, obra da nota ant.

Nagy deu n'este ponto um impulso vigoroso á sciencia.

* * *

Nas noutes lindas vê-se uma faixa irregular da alvura do leite estendida sobre o céo. Qual *rio de leite*, dirige-se no sentido do oriente, formando com a linha equinoxial um angulo de 63° , de *cassiopeia*, onde apresenta uma largura de 20° , para *perseu* e *auriga*, passando entre *tauro* e *géminis* e depois entre *procyon* e a estrella α de *orion*, atravessando o *cão maior* acima de *sirius*; e no sentido occidental, dirige-se para *cepheu* e *cysne*, passando entre *cepheu* e *lagarto*, em cujo intervallo apresenta no seu interior um rasgão, que parece uma *ilha* n'este *rio*. Em *cysne* divide-se em dous ramos: um passa de baixo de *lyra*, atravessa *ophiucus* e vae até *antáres* d'*escorpião*; o outro caminha para *aguia*, para *escudo de Sobieski*, para o solsticio do inverno e para as estrellas de *sagittario*, reunindo-se ahi ao primeiro ramo por uma banda estreita. No hemispherio austral atravessa *cruz do sul*, onde manda um ramo para *lobo*, *navio* e *licorne*. Apresenta alguns outros rasgões além do que já apontámos.

Este *rio de leite* é a *via lactea*, a que os astrónomos dão muitas vezes o nome de *galaxia*. É a estrada que para o Olympo seguiam os Deuses da mythologia.

Manilius e depois Demócrito diziam que o brilho d'esta parte do céu provinha d'um aggregado d'estrellas prodigiosamente distantes, cujas imagens se confundiam.

Argelander notou que as estrellas brilhantes são mais numerosas na região da via lactea, que nas outras partes do céu.

Herschel, que andou a medir os céos, contou milhões d'estrellas na via lactea! Em certas partes, só na profundez d'esta faixa, chegou a contar 500 collocadas na mesma linha, havendo entre duas consecutivas o intervallo que separa o systema planetario da estrella mais vizinha.

O systema planetario está collocado no interior d'este anel, um pouco excentricamente, pois está mais proximo da região *cruz do sul*, que da região *cassiopeia*.



Maravilha surprendente é a harmonia do systema planetario!

No centro o sol a segurar todos os planetas nas suas órbitas!

Todas estas ellipses pouco excentricas!

Os planetas a segurarem os satellites pela mesma fórma!

As órbitas satelliterias igualmente pouco excéntricas!

Os movimentos planetarios todos no mesmo sentido! Todos no mesmo plano quasi!

Os movimentos de quasi todos os satellites no mesmo sentido que os dos planetas!

A duração da rotação dos satellites igual quasi á da revolução ao redor do seu planeta!

Os cometas a mostrarem nos espaços celestes phenomenos que observamos sobre a terra!

Tantas maravilhas são devidas ao acaso?

São resultado d'um agente universal e de leis supremas?

Foi o acaso a causa primitiva de todos estes movimentos?

Foi um criador infinito?

Póde apostar-se milhares contra um, como mostra Laplace, a favor d'um agente universal, de leis supremas e d'um criador infinito contra o acaso.

Para um agente universal, para leis supremas e para um criador infinito um oceano de probabilidades; uma gota para o acaso. O infinito contra um.

Demais, acaso tão admiravel só decretado por uma intelligencia infinita!

* * *

CAPITULO SEGUNDO

Astronomia Solar

Constituição physica do sol. Manchas, fáculas, lúculas e movimento de rotação. Analogias com os planetas. Parallaxe e distancia á terra. Dimensões e peso.

Sol!

Esplendido globo!

Luzeiro do mundo (25)!

Coração do universo (26)!

Primeiro ministro do Omnipotente (27)!

Vulcão acceso (28)!

Calor, luz e vida!

Fóco da criação!

Ta présence est le jour, la nuit est ton absence;

La nature sans toi c'est l'univers sans Dieu (29)!

(25) Copernico.

(26) Théon, de Smyrna.

(27) Byron.

(28) A. A. Soares de Passos.

(29) Chènedollé.

Newton devêra ser o seu nome, já que nomes d'astrónomos célebres são os das montanhas lunares!

Mais de 2000 annos já lá vão desde que o sol é alvo das brilhantes imaginações dos philosophos e das observações aturadas dos astrónomos!... Tem chamado a attenção do sabio, como tem chamado a vista!... E para conhecel-o tem o sabio empregado tantos esforços, quantos sacrificios faria o cego para vel-o!... E questões novas a succederem-se a questões não resolvidas ainda!... E a terra a cobrir-se de vastos edificios em que possa surprender um segredo do seu monarca!... E um segredo descoberto a arrastar o espirito para novos!... E assim em todos os tempos!... Ha mais de 2000 annos!...

Tem variado tambem o ponto de vista sob que se tem estudado este astro.

«É o sol um fogo puro?

«É um fogo grosseiro?

«E um fogo que se alimenta por si?

«É um fogo eterno?

«É um fogo que póde apagar-se?»

Eis as questões para que gravitavam os trabalhos dos antigos.

Diz Plutarco que Anaximandro, nascido em Mileto 610 annos antes da era christã, havia sustentado ser o sol *um carro cheio de fogo vivissimo que*

sahia por uma janella redonda (30). Diógenes Laërcio attribúe a Anaximandro simplesmente a opinião de ser o sol *um fogo puro*.

Anaxágoras, nascido 500 annos antes da era christã, considerou o sol *uma pedra afogueada*, segundo refere Plutarco, e segundo Diógenes Laërcio, *fogo quente*.

Para Archelaüs, 448 annos antes da era christã, foi o sol *uma estrella maior que as outras*. Brillhante conjectura!

Zenão, o fundador da escola estoica, suppol-o ainda *um fogo puro*.

É attribuida a Epicuro, tão conhecido pelo célebre systema dos atomos, a opinião de que o sol era acceso de manhã e apagado á noute nas aguas do oceano; mas, segundo Plutarco, entendeu Epicuro que o sol era formado por uma massa terrestre, porosa e incandescente.

Galileu suppoz este astro luminoso por si mesmo e cercado por um fluido subtil e elastico.

Scheiner cercou o sol d'um oceano de fogo com movimentos tumultuosos, com abysmos, com rochedos e com procellas.

Hevélius acrescentou-lhe ainda uma atmosphera sujeita a *gerações* ou *corrupções* semelhantes ás que têm lugar na atmosphera terrestre.

A Huygens parecia que a questão sobre a natureza da porção incandescente do sol reduzia-se a saber se era solida ou liquida. Inclina-se elle muito á opinião de que era liquida, opinião partilhada depois por Buffon e por Laplace.

La Hire suppoz o sol uma massa fluida, em que *fluctuavam* corpos escuros.

Fontenelle substituiu os corpos *fluctuantes* de La Hire por um nucleo solido e negro. «Serão «os phenomenos os mesmos que na hypothese de «La Hire, admittindo-se o fluido em movimento «por fórma que, ora cubra toda a massa solida, ora «deixe descoberta uma porção maior ou menor», dizia elle.

Maupertuis comparou estes corpos *fluctuantes* a escórias.

Gascoigne suppoz ao redor do sol um grande numero de corpos quasi diaphanos, que percorriam circulos de diametros differentes com velocidades desiguaes e tanto maiores, quanto menores fossem as dimensões das suas órbitas. Muitas vezes achar-se-iam em conjuncção dous, trez, e mais de taes corpos, segundo elle entendia.

Derham apresentou a ideia d'*erupções vulcanicas* no sol.

F. Wollaston admittiu no sol crateras de vulcões nos cumes de montanhas muito elevadas.

Lalande estabeleceu que as partes solidas e escuras do sol eram cobertas por uma materia luminosa, em que tinham lugar especies de marés, podendo assim apparecer, de tempos a tempos, na superficie do fluido rochedos enormes.

O Dr. Elliot emittiu a opinião de que o sol era formado por um corpo solido, negro e cercado por uma materia luminosa. Tal opinião foi apresentada depois pelo Dr. Simmons como prova de desarranjo nas faculdades intellectuaes do Dr. Elliot, quando este foi accusado no Tribunal de Old-Bayley como assassino de miss Boydell.

Sem se affigirem com o parecer do Dr. Simmons, Wilson, Bode, Michell, Schroëter e W. Herschel seguiram a opinião do Dr. Elliot.

Herschel entre o nucleo escuro e a *photosphera*, entre o corpo solido e a camada exterior de nuvens phosphoricas, collocou uma outra atmosphera mais compacta e muito menos luminosa. Esta opinião, se não teve um geral assentimento, reinou pelo menos, durante muitos annos, no espirito de grande numero d'astrónomos como a mais provavel. Ainda em 1865 Ed. Dubois considerava esta hypothese

como a mais racional sobre a constituição physica do sol (31).

A analyse espectral, cujas leis expozemos já n'outra parte (32), conduziu ao conhecimento exacto d'este ponto. «É formado o sol por um nucleo luminoso e cercado por uma atmosphaera, em que «existem vapores absorventes» (33). As leis thermodynamicas conduzem tambem a este resultado. Foi assim Galileu quem apresentou uma hypothese mais proxima da verdade.

Kirchoff descobriu na atmosphaera solar vapores de muitos elementos terrestres. Parece que existem lá hydrogeno, sodium, magnesium, ferro, calcium, nickel, chromo, cobre, zinco, baryum e provavelmente strontium, cobalto e cadmium. Não existe lá o ouro, nem a prata. Que decepção para os que haviam considerado o sol o astro d'ouro por excellencia!

* *

Era apregoada pelos peripatéticos a incorruptibilidade dos céos e mais ainda a do sol; mas veio

(31) *Cours d'Astronomie.*

(32) Pag. 66, 67 e 68.

(33) 3.^a das theses que nos propomos defender em *Astronomia Physica.*

a observação mostrar que tal incorruptibilidade era simplesmente um sonho do *Stagyrita*. A superfície do sol parece rugosa, como a casca d'uma laranja, e d'espaco a espaco vêm manchas toldar o seu semblante.

Observando attentamente o disco solar por meio d'uma luneta e atravez de vidros córados, que destrúam a sua acção deslumbrosa, divisamos manchas irregulares que, relativamente ao brilho do sol, parecem negras, outras mais brilhantes que estas e tambem menos que a superfície do astro e finalmente rugas luminosas, redondas geralmente que, cruzando-se em todos os sentidos, dão ao sol o aspecto d'uma laranja. Muitas das manchas negras, especialmente as de dimensões consideraveis, apresentam um *nucleo escuro*, cercado por uma extensa zona menos escura, a que se deu o nome de *penumbra*. Aparecem tambem penumbras sem nucleo. Fazem-se bem estas observações directamente quando o sol está proximo do horisonte, como *nel tramontar del sole* (34).

Manchas propriamente dictas, *fáculas* e *lúculas* são estes phenomenos.

Segundo Képler, são de data mui remota as pri-

(34) Galileu.

meiras observações das manchas solares. Suppoz elle que taes phenomenos eram conhecidos já no tempo de Virgilio, fundando-se nos dous seguintes versos:

Ille ubi nascentem maculis variaverit ortum (35)

Sin maculae incipient rutilo immiscerier igni (36).

O padre Mailla conta nos annaes da China que no anno 311 da era christã haviam observado já os chinezes manchas solares tão extensas, que não haviam escapado á vista inerme.

Segundo José Costa, os peruvianos haviam divisado manchas solares antes de serem observadas na Europa, já quando chegaram os hespanhoes ao Perú.

Os contemporaneos de Carlos Magno, Averrhoès, Scaliger e Képler viram manchas solares. Muitos historiadores de Carlos Magno fallam até d'uma consideravel mancha, que em 837 se conservou sobre o sol durante oito dias consecutivos. Suppoz-se depois que tal mancha era mercurio; mas em virtude dos seus movimentos é impossivel demorar-se

(35) *Georg.*, liv. 1.^o: v. 441 (Ed. de Pariz, 1854).

(36) v. 454.

este planeta projectado durante oito dias consecutivos sobre o sol. Demais, mercurio, quando se projecta sobre o sol, subtende um arco de 12" e um objecto projectado assim sobre o sol escapa á vista inerme.

Como quer que fosse, é certo que, se taes observações tiveram lugar effectivamente, não deram consequencias uteis.

Já noutra parte (37) fallámos do debate a que entre os modernos deu lugar a descoberta das manchas solares e mostrámos então com Arago que foi John Fabricius, astrónomo hollandez, o primeiro que as observou com attenção, tirando d'essas observações consequencias uteis. Na obra que citámos então (38), diz John Fabricius:

«Imaginámos receber os raios solares por um pequeno orificio, n'uma camara escura e sobre um papel branco, e vimos bem distinctamente a mancha (39) em fórma de nuvem alongada. Durante trez dias impediu o máo tempo, que continuas-

(37) Pag. 45.

(38) *De maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione Narratio, et Dubitatio de modo educationis speciarum visibilium.*

(39) Refere-se á mancha que havia divisado directamente no sol.

«semos estas observações. Passados estes dias, vi-
 «mos a mancha, que havia caminhado obliquamente
 «para o occidente. Divisámos então no bordo do
 «disco solar uma outra menor, que no espaço d'al-
 «guns dias chegou até ao meio; finalmente ap-
 «pareceu uma terceira e desappareceu a primeira
 «em primeiro lugar e as outras alguns dias depois.
 «Fluctuavamos entre a esperança e o receio de não
 «tornar a vel-as; mas, passados dez dias, tornou
 «a primeira a apparecer no oriente. Comprehen-
 «demos então que ella fazia uma revolução; e *desde*
 «*o começo do anno* ficámos firmemente convencidos
 «d'esta ideia e mostrámos estas manchas a outras
 «pessoas, que ficaram convencidas como nós. To-
 «davia tinhamos uma dúvida, que não nos permittia
 «escrever acêrca d'este ponto e que até nos levava
 «a arrepende-nos do tempo que havíamos consu-
 «mido em taes observações. *Viamos que estas man-*
 «*chas não conservavam entre si as mesmas distancias,*
 «*que variavam a sua fórma e a sua velocidade; ficá-*
 «*mos porém ainda mais satisfeitos quando percebemos*
 «*a razão de tal. Como é verosimil, por estas observa-*
 «*ções, que taes manchas estejam sobre o proprio corpo*
 «*do sol, que é espherico e solido, devem tornar-se me-*
 «*nores e retardar o seu movimento, chegando aos bor-*
 «*dos do disco.*»

É devida a Galileu sem dúvida alguma a des-

coberta das fúculas e a Scheiner a das lúculas e a da penumbra.

Sobre a natureza das manchas são diversas as opiniões que encontramos nas paginas da historia.

Eram nuvens para Galileu. «Se a terra fosse luminosa por si mesma, offereceria a quem fosse observada de longe as mesmas apparencias que nos offerece o sol. Confórme uma ou outra região se achasse detraz d'uma nuvem, divisariamos manchas, ora n'uma, ora n'outra porção do disco apparente; e a maior ou menor opacidade da nuvem diminuiria mais ou menos a luz terrestre. Em certas épocas haveria poucas manchas, depois poder-se-ia ver muitas; alongar-se-iam aqui e encurtar-se-iam acolá; suppondo fixo o nosso globo, acompanhariam a terra na sua rotação; e, como a profundidade seria muito pequena, relativamente á largura, diminuiria consideravelmente o seu diametro quando se approximassem do limbo»: dizia Galileu.

Foram depois os *corpos escuros fluctuantes* de La Hire.

Gascoigne suppol-as produzidas por um numero maior ou menor de corpos quasi diaphanos em conjuncção. Como notou Crabtree, de tal hypothese segue-se que as fórmias das manchas variariam continuamente, *como varia um bando d'aves*.

Foram consideradas por Derham effeitos *d'erupções vulcanicas* e *cratéras* por Wollaston.

Segundo Lalande, eram rochedos enormes.

Wilson explicava a apparição das manchas suppondo que um fluido elastico, elaborado na propria massa escura do sol, elevava-se atravez da materia luminosa, desviando-a para todos os lados e descobrindo uma porção do globo interior e escuro. Formavam-se assim taludes que constituíam a penumbra. Emquanto ás fâculas, confessava que não sabia explical-as.

Na hypothese de W. Herschel sobre a constituição physica do sol admittia-se que, de tempos a tempos, formavam-se aberturas nas atmospheras. Formando-se nas duas atmospheras uma abertura em linha recta com a terra, sendo menor a largura angular da abertura da photosphera apparece simplesmente o nucleo da mancha negra; no caso contrario apparece esta com nucleo e com penumbra. Formando-se sómente a abertura na photosphera, apparece simplesmente a penumbra.

Depois da descoberta de Kirchoff duas opiniões appareceram no campo da sciencia: a das causas externas e a das internas. Apresentaram a primeira Kirchoff, que considerava causas apparentes, Balfour-Stewart, Lœvy e Warren de la Rue, que se inclinavam a causas reaes; a segunda é de Faye,

que começa estabelecendo que *a ideia das causas externas conduz a hypotheses inconciliaveis com os factos*. Sem entrarmos n'esta questão, recommendamos a leitura d'uma extensa memoria que sobre o sol e a respeito d'um artigo do *Macmillan's Magazine* escreveu Faye no n.º 4 do tomo 67 de *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences* (27 de julho de 1868).

Chega algumas vezes a ser superior a 50 o numero das manchas solares, como viu Herschel em 20 de abril de 1801, e têm sido observadas algumas de extensão muito superior á da terra.

Variam as suas fórmas e approximam-se ou afastam-se rapidamente, umas das outras, as diversas partes d'um grupo. Conduziram ao conhecimento d'estes phenomenos os trabalhos de Laugier, de Secchi, de Chacornac, de Dawes, de Carrington, de Faye e d'outros.

O movimento apparente é do oriente para o occidente. Uma observação attenta mostra não só um movimento de rotação commum a todas, mas tambem movimentos proprios de cada uma em longitude e em latitude.

O tempo decorrido entre duas passagens consecutivas d'uma mesma mancha no mesmo ponto do disco solar não é o da duração da rotação real, pois resulta da combinação d'este movimento com o da

translação da terra; todavia o conhecimento d'aquelle tempo, que designaremos por t , conduz ao d'esta duração T pela fórmula (40).

$$T = \frac{at}{a+t},$$

designando a o anno sideral, isto é, 365^{d.m.}, 25637.

Ha desigualdades que alteram a posição apparente das manchas e cuja expressão é

$$\left(p + \frac{dR}{R} + \beta \right) \text{tang } \rho \dots \dots \dots (a),$$

em que p designa a profundeza das manchas, dR o erro commettido no semidiametro R do disco solar, effeito já da irradiação, já dos erros da observação, β a constante da refração solar e ρ a distancia angular da mancha ao centro do disco (41).

A influencia de dR póde ser determinada pela comparação do diametro observado com o diametro dado pelas passagens de mercurio.

(40) Ed. Dubois, *Cours d'Astronomie*.

(41) *Comptes rendus etc.*, n.º 4 do tomo 67 (27 de julho de 1868).

A de β é muito insignificante, como indicam as seguintes considerações feitas por Faye:

1.º Quando as manchas não têm nucleo e estão quasi reduzidas a simples pontos, é claro que desaparece a influencia de p e em tal caso as medidas não indicam desigualdade alguma; o que mostra que a influencia de β , se não é insensivel, é pelo menos muito pequena;

2.º O padre Secchi, persuadido de que a refração solar devia ser muito forte, limitava-se a observar o centro do orificio superficial da penumbra, para desembaraçar de qualquer influencia de p as suas medidas, e chegou a reconhecer que não se havia manifestado a refração solar;

3.º A determinação directa da profundez das manchas por um processo independente da refração solar, como o de Wilson, conduz a profundezas, cujas médias concordam com as deduzidas da desigualdade (a), sendo desprezada a quantidade β .

É ainda bem significativa a concordancia entre as medidas effectuadas por Wilson, pelo padre Secchi, por Tacchini e por Faye.

Assim as manchas solares são ainda de immensa importancia para o conhecimento da constituição physica do sol. Parece que resolvem o debate entre Faye e o Dr. Peters, director do Observatorio de Hamilton College, acérca do poder refringente

da atmospherá solar. Uma outra circumstancia confirma o resultado a que chegou Faye em tal questão: distinguem-se claramente nas vizinhanças dos bordos os menores accidentes da superficie solar sem outra confusão além da resultante da perspectiva e das variações muito notaveis do brilho relativo das diversas partes vistas sob inclinações muito differentes nos bordos e no centro, e não teriam lugar assim as cousas, se a atmospherá solar fosse dotada d'um grande poder refringente. A analyse espectral veio ainda apoiar estas conclusões; pois, quanto mais profunda fôr a atmospherá solar, maior será também a differença dos caminhos percorridos nas suas camadas pelos raios luminosos tomados nos bordos e nos centros; o que não póde conciliar-se com a identidade dos espectros solares tomados ali ou aqui.

As desigualdades, de que vimos de fallar, haviam desacorçoado os astrónomos; mas as observações desembaraçadas de taes irregularidades mostram nos movimentos das manchas uma constancia e uma regularidade quasi mathematica.

Foi assim estabelecida a fórmula seguinte:

$$T = \frac{21600'}{857',6 - 157',3 \operatorname{sen}^2 \lambda'}$$

designando T a duração da rotação em dias me-
dios e λ a latitude (42).

Para determinar a duração da rotação havia re-
corrido Laugier a observações separadas sómente
por intervallos de 1, 2, 3 e, quando muito 8 dias.
Eis os resultados a que o conduziram as observa-
ções de duas manchas, uma desde 24 até 27 de
maio de 1837 e outra desde 20 até 28.

Emquanto á primeira, a observação de 24 com-
parada com a de 27 deu-lhe.... $24^d 6^h 43^m 12^s$,
a de 25 com a de 27..... $24^d 4^h 4^m 48^s$,
e a de 24 com a de 25..... $24^d 6^h 43^m 12^s$;
emquanto á segunda,
a de 20 com a de 28..... $26^d 7^h 26^m 24^s$,
a de 21 com a de 28..... $26^d 1^h 12^m$,
a de 20 com a de 27..... $26^d 8^h 38^m 24^s$,
a de 20 com a de 26... .. $26^d 11^h 30^m$,
e a de 23 com a de 27..... $26^d 1^h 40^m 48^s$.

N'este quadro d'observações ha uma singulari-
dade que não póde ser attribuida por fórma al-
guma a erros d'observação e que deve ser tomada
como a expressão exacta dos movimentos proprios
das manchas solares: a observação da primeira
mancha dá constantemente para a duração da ro-

(42) *Comptes rendus* etc., n.º da nota ant.

tação 24 dias mais uma fracção do dia e a da segunda 26 dias mais uma fracção.

Para determinar com toda a segurança estes movimentos proprios, Laugier mediu directamente o arco da esphera solar que separava duas manchas, chegando aos resultados seguintes:

em 29 de junho de 1838 a distancia angular	
entre as manchas era de	45°47',
em 30 era de	44°29',
em 2 de julho do mesmo anno era de	46° 2',
em 3	» 46°39',
e em 4	» 46°32';

em 24 de maio de 1840 observou entre outras duas manchas a distancia angular de 78° 30', que em 27 estava reduzida a 73° 32'.

Attribuindo esta differença de 4° 58' ao deslocamento d'uma das manchas, viu Laugier que a sua velocidade relativa era de 111 metros por segundo.

Citamos ainda como exemplo o deslocamento e a variação da fórma d'um grupo de manchas solares observado desde o dia 22 até ao dia 27 de maio de 1869. Este grupo, que estava situado no hemispherio austral, começou a transportar-se de 2° 17', pouco mais ou pouco menos, para os pólos. As suas duas extremidades estavam bem distantes desde o dia 22 até ao dia 23, foram-se depois approximando até ao dia 27, caminhando o grupo cêrca de 5°

para o equador. No dia 23 havia sido invadido por pontos de materia branca, que foram occupando cada vez mais espaço, por fórma que no dia 27 estava o grupo reduzido a uma mancha bastante consideravel e a um archipelago d'outras quasi imperceptiveis.

Observando durante muitos dias consecutivos as differenças da declinação e da ascensão recta entre uma mesma mancha e o centro do disco solar e deduzindo pelas fórmulas conhecidas as da longitude e da latitude, teremos uma série de pontos que representarão a órbita apparente d'essa mancha sobre o disco solar, ou, mais rigorosamente, a projecção d'essa órbita sobre um plano perpendicular ao raio visual tirado da terra para o centro do sol. Tal projecção é, em geral, uma curva oval muito semelhante a uma ellipse. Todas as manchas que podem ser observadas simultaneamente percorrem órbitas semelhantes e parallelas.

São consideraveis as variações por que passam a fórma, a curvatura e a inclinação de tal órbita sobre a ecliptica. No fim de novembro e no começo de dezembro é uma linha recta, em que o ponto da apparição das manchas é menos elevado que o da desaparição. Vae-se curvando pouco a pouco esta linha, que toma depois a fórma oval. Durante o inverno e durante a primavera a sua convexida-

de está voltada para o pólo boreal; mas vae variando a sua inclinação, até que no começo de março é parallelá á ecliptica a corda que une os pontos da apparição e da desapparição. Continúa a variar a inclinação no mesmo sentido e a curvatura vae diminuindo, até que no fim de maio e no começo de junho está reduzida outra vez a uma simples linha recta; mas a sua inclinação é precisamente contrária á que tinha lugar seis mezes antes e o ponto da apparição é mais elevado que o da desapparição. Torna a curvar-se e toma outra vez a fórma oval; mas a convexidade fica agora voltada para o pólo austral. Vae diminuindo a sua inclinação, até que no começo de setembro é parallelá á ecliptica, como no começo de março, a corda dos pontos da apparição e da desapparição. Diminuem depois a curvatura e a inclinação, até que no fim de novembro e no começo de dezembro tem a fórma que já dissemos.

Observam-se todos estes phenomenos em todas as manchas e reproduzem-se em cada anno na mesma ordem e com os mesmos periodos de crescimento e de diminuição. É pois extremamente provavel e verosimil, tão provavel e verosimil como são todas as leis da natureza descobertas pelo homem, que a causa de todos estes phenomenos é regular, constante e uniforme. A causa mais regular, mais constante e mais uniforme é incontestavel-

mente o movimento de rotação do sol, que taes phenomenos mostram ser um globo. Observamol-o como observamos a acção da attracção universal.

Se as manchas solares podem deixar em trevas esta questão, vêm illuminal-a as fâculas e as lúculas. Se é insufficiente a descoberta de John Fabricius, extinguem toda a dúvida as de Galileu e de Scheiner.

O sol não dorme em ethereo leito; obedece a uma contínua rotação ao redor d'um eixo.

Eis realisada a suspeita de Jordano Bruno. Teve a Inquisição poder para aniquilar a cabeça de Jordano Bruno na fogueira, que tantas vezes foi o theatro das suas delicias, que outras tantas foi o altar do seu culto e em que se reflectia a sua alma raivosa; mas succumbiu perante a natureza. O sol continúa a sua rotação e a intelligencia humana a sua colheita no campo da natureza inteira.

Eis confirmada a conjectura de Képler, que escreveu na sua obra *De stellâ martis*: «o corpo do sol é magnetico; gyra ao redor de si mesmo.» Chamar-lhe-íamos propheta, se tal palavra podesse apparecer n'um dictionario astronómico.

Para determinar o movimento de rotação do sol, apresentou Sonrel um methodo tão simples, como engenhoso (43). «Imaginemos-nos, diz elle, imagi-

(43) *Comptes rendus* etc., n.º 9 do tom. 69 (30 de agosto de 1869).

«nemos-nos transportados a um astro que gyre ao
 «redor d'um eixo com uma velocidade igual a vinte
 «cinco vezes a da terra, pouco mais ou pouco me-
 «nos, e observemos ahi os accidentes da superficie
 «d'esta. Independentemente de pontos cujas dis-
 «tancias mútuas variam sómente por effeitos de
 «perspectiva, distinguiremos um grande numero
 «de manchas cujas posições relativas variam. Não
 «temos os pontos fixos no estudo do sol; mas po-
 «demos recorrer ás manchas. Ora que reconhece-
 «ceríamos na terra? Deslocamentos em latitudes
 «mui pequenos na proximidade do equador, deslo-
 «camentos que vão augmentando até á latitude de
 «15 a 20 grãos conforme as manchas e depois uma
 «diminuição gradual até ás latitudes elevadas. N'este
 «intervallo a mancha ou o grupo pareceria appro-
 «ximar-se, ora do pólo, ora do equador; e o predo-
 «minio d'um ou d'outro d'estes movimentos seria
 «muitas vezes indicio d'uma nova phase do pheno-
 «meno. N'um dia da nossa nova estação, isto é,
 «n'uma hora terrestre *quasi* (44) a mancha cyclo-

(44) Segundo a hypothese de que partimos, um dia d'esta nossa estação é inferior a uma hora terrestre e por isso acrescentamos um *quasi*, que não se lê na memoria que vamos transcrevendo. É uma linguagem mais mathematica.

«nica teria percorrido um arco bem pequeno da sua
 «trajectoria. No fim de $12^d 12^h$ a mancha desappa-
 «receria para, no fim do mesmo tempo, tornar a ap-
 «parecer no bordo opposto da terra. Reconhecel-a-
 «iamos sempre? Estariamos, pelo contrario, expos-
 «tos a não tornar a divisar a mancha seguida com
 «assiduidade, mas cuja latitude, cuja velocidade de
 «rotação e especialmente cuja fórma teriam sido
 «modificadas até ao ponto de desfigural-as? Ora,
 «uma mancha terrestre dura algumas vezes 15 ou
 «20 dias terrestres e transporta-se do equador até
 «50 ou 60 grãos de latitude. Procurando determi-
 «nar, segundo o deslocamento diurno da mancha
 «em longitude, o movimento de rotação terrestre,
 «chegaremos a valores variaveis com a latitude (45).
 «O observatorio do sol conduz ao mesmo resultado.
 «A curva que exprime tal variação tem dois pon-
 «tos de inflexão e o segundo, correspondente a um
 «minimo relativo do coefficente angular da tan-
 «gente, dá simultaneamente a latitude em que a
 «mancha seguiu um meridiano e o movimento em
 «longitude n'esta latitude, isto é, o movimento an-
 «gular da rotação terrestre. A observação d'outras

(45) Mostra-o tambem a fórmula da pag. 120, quando se trata do sol.

«manchas forneceria curvas analogas; mas a posição dos pontos de inflexão variaria d'uma para a outra. Não sendo muito consideravel a extensão de tal variação, a fórma geral da curva subsiste na média e o valor deduzido d'ella para a rotação angular da terra seria, se não inteiramente exacto, pelo menos, o mais proximo possivel. Voltemos ao sol.

«As nossas observações têm abrangido manchas situadas entre 40 grãos de latitude heliocentrica boreal e 32 grãos de latitude heliocentrica austral. Construindo a curva que exprime a variação do movimento angular da rotação das manchas solares com a latitude, apparece um factio curioso e sorprendente. É precisamente a inversa da que forneceria a applicação de tal methodo de investigação á terra. Applicando tal methodo á nossa atmosphera, obtem-se uma curva levemente dissymetrica. Pela mesma fórma, applicando-o á atmosphera solar, obtem-se uma certa dissymetria na curva, cujos ramos conservam ambos todavia o mesmo character geral.

«O ramo boreal da curva dá, para o espaço que o sol percorre na sua rotação durante um dia solar médio, 828' na latitude de $27^{\circ} 30'$; o ramo austral dá 839' na latitude de 19° . Independentemente da dissymetria, a differença de 11' entre

«estes dous valores explica-se, crêmol-o, pela difficuldade das observações e pela irregularidade dos movimentos nas diversas épocas. O primeiro numero dá, para a duração da rotação, $26^d 1^h 55^m 12^s$; o segundo dá $25^d 18^h$; e a média de taes valores é $25^d 22^h 4^m 48^s$, que é, segundo crêmos, o mais proximo da realidade.

«Este methodo permite, como deixámos dicto, determinar a velocidade de rotação d'um astro cuja superficie esteja coberta por uma atmospherá, em que se produzam differenças de temperatura, condensações e consequentemente correntes. Póde applicar-se principalmente ao estudo dos planetas taes como marte, jupiter e saturno, embora este trabalho se torne muito delicado por causa da pequenez d'estes astros.»

Para a duração total da rotação solar Laugier deduziu da observação de 29 manchas distinctas o valor de $25^d 8^h 9^m 36^s$.

O movimento de rotação do sol dá uma explicação completa dos movimentos das manchas solares e das diversas fórmás que, nas diversas épocas do anno, tomam as suas órbitas apparentes.

Galileu suppoz, durante muito tempo, que o eixo da rotação solar era perpendicular ao plano da ecliptica, e, na sua obra *Dialogo* etc., falla d'uma inclinação; mas nem um valor approximado indica.

Scheiner, na sua obra *Rosa Ursina*, fixou o pólo da rotação solar na distancia cêrca de 7° do pólo da ecliptica.

Laugier chegou ao valor de $7^{\circ} 9' 2''$ para a inclinação do equador solar sobre a ecliptica.

Carrington, em 1854, chegou ao valor de $7^{\circ} 17' 18''$ para esta inclinação.

Na obra acima citada de Scheiner conduz á posição dos nós do equador solar a indicação da época do anno em que os pólos de rotação ficam nos bordos do disco.

Laugier achou $75^{\circ} 8'$ para a longitude do nódo ascendente do equador solar, a contar do equinoxio de 1840.

Carrington viu que, em 1854, esta longitude era igual a $73^{\circ} 28'$.

Não apparecem manchas em todo o disco do sol.

Galileu estabeleceu em 28 grãos de declinação boreal e austral, a partir do equador solar, os limites além dos quaes não apparecem manchas algumas, limites que Scheiner estendeu até 30 grãos.

Em julho de 1777 observou Messier no hemispherio boreal uma mancha negra, cuja declinação era de $31^{\circ} 20'$ e, passados trez annos, observou Méchain outra no mesmo hemispherio em $40^{\circ} 20'$.

Laugier augmentou a *zona manchada* do sol com $1^{\circ} 20', 40'$ em cada hemispherio.

Ha poucos annos, o director do Observatorio de Napoles presumiu ter visto uma mancha em 46 grãos de declinação austral; o que foi confirmado por Carrington.

As lúculas são observadas em todas as declinações, até nas vizinhanças dos pólos. O contrario tem lugar nas grandes fáculas.

Cassini e Maraldi criam que no hemispherio austral formavam-se mais manchas que no boreal e em 1707 lebravam-se de ter visto n'este hemispherio apenas a de abril de 1705; mas muitas memorias posteriores mostram que effectivamente não ha semelhante differença.

J. D. Cassini pensou reconhecer que as manchas de maio e de junho de 1688 occupavam no sol exactamente os pontos em que já haviam apparecido outras e suppoz ter observado até algumas já observadas por Scheiner e por Hevélius.

Em 1778 disse Lalande a este respeito:

«Ha manchas muito consideraveis que tornam
«a apparecer nos mesmos pontos do disco solar,
«emquanto que outras, igualmente consideraveis,
«apparecem em pontos um pouco differentes.»

Pouco depois do meiado do seculo actual R. Wolff fixou a periodicidade, a que parecem sujeitas as manchas solares, em 11 annos, um mez e 10 dias, proximamente, com o intervallo de cêrca de 5 an-

nos entre um maximo e um minimo no numero e na intensidade d'estas manchas.

Em tempos remotos foram consideradas as manchas solares, a *insólita pallidez do sol*, como signaes de lucto, com que se cobria este astro por algum facto funesto.

«Ille etiam extincto miseratus Caesare Romam:

«Cum caput obscura nitidum ferrugine textit,

«Impiaque aeternam timuerunt secula noctem,

diz Virgilio alludindo á morte de Julio Cesar (46); e Plinio expõe assim estas ideias: fiunt prodigiosi «et longiores Solis defectus, qualis occiso dictatore «Cæsare; et Antoniano bello, totius penè anni pallore continuo.»

Scheiner pretendia explicar pelas manchas solares o eclipse que diz-se ter sido total para a terra inteira na occasião da morte de Jesus Christo.

O astrónomo de Slough acreditava a influencia das manchas sobre a agricultura. Segundo W. Herschel, as colheitas são tanto melhores, quanto maior é o numero das manchas que apresenta o disco solar.

* . *

(46) Georg., liv. 1.º v 466, 467 e 468.

O sol é um planeta. O monarca é semelhante aos vassallos! Lei admiravel!

O sol é cercado por uma atmosphaera como os planetas.

A sua superficie apparente é manchada como a d'estes corpos.

É dotado d'um movimento de rotação.

Os planetas são para o sol o que para elles são os satellites.

E o movimento de translação? Não antecipemos as ideias.

O sol é um planeta.

* *

Diversos processos podem ser empregados para a determinação da *parallaxe equatorial do sol*: o das opposições de marte, o das passagens de venus, o da equação lunar do sol, o da equação parallactica da lua e o da velocidade da luz.

O conhecimento d'esta parallaxe conduz ao d'outra qualquer e consequentemente ao da distancia do sol á terra, que é de cerca de 156 milhões de kilómetros.

* *

Pretendia Anaxágoras que o sol não era maior que o Poloponneso.

Eudoxio, o grande philosopho de Cnide, dava-lhe um diametro nove vezes maior que o da terra.

Conta Cléomedes que os epicuristas, seus contemporaneos, sustentavam que o diametro real do sol não excedia a um pé.

Hoje sabe-se que o diametro solar é de 1428000 kilómetros. Se o centro do systema terrestre coincidissem com o do globo solar, a distancia de 384000 kilómetros, que separa a terra da lua, ficaria ainda comprehendida n'este globo, cuja superficie iria terminar ainda além da lua na distancia de 330000 kilómetros.

Se tudo isto é prodigioso, mais prodigioso é ainda o numero

2 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000,

numero dos kilogrammas que pésa o sol. Se n'um dos pratos d'uma immensa balança estiver o sol, deverão estar no outro 350000 globos terrestres, para haver equilibrio.

* * *

CAPITULO TERCEIRO

Astronomia Estellar

Classificação das estrellas segundo a ordem da intensidade da luz.

Estrellas *fundamentaes*, *temporarias*, *perdidas*, *variaveis* ou *periodicas*, *duplas*, *multiplas* e *agrupadas*. Constituição physica. Côr, brilho e calor. Parallaxe annua e distancia á terra. Movimento proprio.

«Twinkle, twinkle, pretty star,
«How i wonder what you are!»

Versos populares que em Inglaterra cantam as crianças com o mesmo sentimento com que, em toda a parte, os repetem os profundos pensadores da humanidade; sentimento inspirado pelas estrellas, que para os seculos passados foram apenas bellezas e segredos da natureza; sentimento que dirige o

sabio nas viagens ultra-planetarias; sentimento que Soares de Passos exprime assim:

Estrellas que brilhaes n'essas moradas,
 Quaes são nossos destinos?
 Vós sois, vós sois, as lampadas sagradas
 De seus umbraes divinos.
 Pullulando do seio omnipotente,
 E sumidas por fim na eternidade,
 Sois as faiscas de seu carro ardente
 Ao rolar atravez da immensidade.

A attenção e os trabalhos dos observadores modernos dirigem-se para a Astronomia Estellar. É util e curioso desviar os olhos da vida ruidosa do nosso mundo para «ir contemplar novas naturezas «n'outras espheras» (47).

Como o anatômico tem descido com o escalpello e com o microscopio até ás profundezas immensamente pequenas do organismo, tem assim o astrónomo subido com o calculo e com o telescopio ás regiões immensamente grandes do vasto imperio da natureza. Vae aquelle estudando, uma por uma, cada célula em cada metamorphose; este vae estudando assim, uma por uma, cada provincia celeste em cada phase.

(47) Camille Flammarion, *Études et lectures sur l'Astronomie*.

Marchemos para as estrellas, como Mahomet marchou para a montanha. Prescrutemos essas *lampadas sagradas dos umbraes divinos*.

Bayer e W. Herschel classificaram as estrellas segundo a ordem da intensidade relativa da sua luz. Bayer designou pela primeira letra do alphabeto grego, α , a estrella mais brilhante de cada constellação, por β a segunda e assim successivamente. As tábuas de W. Herschel theoreticamente differem pouco das cartas d'aquelle jurisconsulto astrónomo: são mais completas, mais exactas e mais minuciosas e a comparação estende-se algumas vezes a estrellas de constellações differentes.

As estrellas visiveis pela vista inerme acham-se classificadas hoje em ordens de grandeza, dizendo-se as da primeira estrellas de 1.^a grandeza, as da segunda estrellas de 2.^a grandeza e assim successivamente. As outras chamam-se *telescópicas*, porque só pelo telescopio podem ser observadas. São subdivididas tambem em ordens de grandeza.

* *

Ha muitas estrellas que se observam facilmente quasi sempre. Pelo conhecimento da sua altura e da sua declinação determinam ou rectificam os astrónomos e os maritimos a hora sideral. São ver-

dadeiros pharóes, brilhantes signaes que fixam a triangulação celeste. São estas as estrellas *fundamentaes*, cujo numero diz A. de Guynemer ser 36. São as principaes a estrella *polar*, *sirius*, *procyon*, *régulus*, α d'aquario, *castor*, *pollux*, *aldébaran*, β de tauro, *cabra*, α d'andrómeda, de *cysne*, de *perseu*, de *lyra*, de *virgo* e de *libra*, γ de *pégaso*, *arcturus*, α , β e γ d'*aguia*, α e β d'*orion* e outras.

Desde 1750 até 1762 foram as posições d'estas estrellas objecto dos trabalhos de Bradley em Greenwich; em 1818 reduziu Bessel, astrónomo de Königsberg, as suas ascensões rectas ao anno 1755; desde 1836 até 1850 procedeu Airy a novas investigações n'este ponto; e finalmente conseguiu Le Verrier chegar a uma determinação exacta.

Fallámos, em paginas que ahi ficaram, d'essa pretendida lei da incorruptibilidade dos céos e dissemos então ter sido semelhante lei um *simple sonho do Stagyrita*. Não é unica prova d'esta asserção o phenomeno que então expúnhamos; apoiam-na com toda a segurança outros não menos curiosos e de consequencias tão uteis. São tambem provas d'esta asserção esses astros que, n'um certo instante, apparecem subitamente n'um ponto do firmamento com um bilho admiravel, superior ao de muitos outros, e que vão perdendo esse brilho, pouco a pouco, até sumirem-se para sempre, como seres

ephemeros, e alguns talvez sómente durante periodos longos. São as estrellas *temporarias*.

Ha muito já desde que têm sido observados phenomenos tão curiosos. Segundo Ed. Biot, os annaes chinezes encerram um grande numero de taes observações, desde o anno 613 antes da era christã até ao anno 1222, espaço comprehendido na collecção ma-tuan-lina. Fallámos já d'uma d'estas estrellas observada por Hipparco (48).

Na sua obra *Études et lectures sur l'Astronomie*, de 1869, apresenta Camille Flammarion a seguinte lista d'estrellas *temporarias*, que estão completamente ao abrigo de qualquer dúvida, indicando pelo signal —?— aquellas cujas aparições não estão ainda classificadas:

No anno 134 antes da era christã uma que appareceu em *escorpião*,
 no anno 123 da era christã uma que appareceu em *ophiucus*,
 no anno 173 uma em *centauro*,
 » 369 » ?
 » 386 » *sagittario*,
 » 389 » *aguia*,
 » 393 » *escorpião*,

- no anno 827 uma em *escorpião* (?),
- » 945 uma entre *cephéu* e *cassiopeia*,
- » 1012 uma em *aries*,
- » 1203 » *escorpião*,
- » 1230 » *ophiucus*,
- » 1264 uma entre *cephéu* e *cassiopeia*,
- » 1572 uma perto da estrella α de *cassiopeia*,
- » 1578 uma em ?
- » 1584 » *escorpião*,
- » 1600 » *cysne*,
- » 1604 » *ophiucus*,
- » 1609 » ?
- » 1670 » *raposa*,
- » 1848 » *ophiucus*,
- » 1866 » *corôa boreal*.

John Herschel pensa que a primeira d'estas estrellas é a que Plinio diz ter sido observada por Hipparco.

A de 827 foi observada em Babylonia por astrónomos arabes. O seu brilho igualava o da lua nas quadraturas.

A de 1572, que é a mais memoravel de todas, foi uma estrella realmente gigantesca com um brilho que excedia toda a cohorte celeste, pelo que Tycho-Brahé comparou-a a um diamante. Appareceu em dezembro de 1572 e, segundo declara Tycho-Brahé, que escreveu a historia de tal estrella, ao pé d'ella

desmaiavam sirius, lyra e jupiter, chegando até a ser vista ao meio dia. Em março de 1573 occupava um lugar médio entre as estrellas de 1.^a grandeza; descia para 2.^a em abril; e assim foi indo até descer á ultima. Em março de 1574 havia desaparecido á vista inerme. Provavelmente, antes de desaparecer, passou pelo brilho e pela dimensão das estrellas telescopicas; mas em semelhante estado não pôde ella ser observada, pois, como já dissemos, foi posterior a esta época a invenção do telescopio. Se é sorprendente tal phenomeno, não são menos sorprendentes as ideias que acêrca d'elle appareceram então. Cardan disse que esta estrella era a mesma que tinha guiado os Magos a Belém e Theodoro de Béze declarou á Europa consternada que tal apparição vinha annunciar a segunda vinda do Homem-Deus. Os calculos de Stoffler e de Leovicio indicavam o nascimento do anti-christo, o proximo fim do mundo e os preparativos do juizo final e faziam já ouvir os primeiros sons da trombeta da justiça divina. Á pobre estrella foram attribuidas as desgraças todas d'esses tempos nos paizes em que foi observada e hoje nem um vestigio tem que possa defendel-a.

Ma-Tuan-Lin indica no seu catalogo a de 1578 tão grande como o sol.

A de 1600 desapareceu sómente em 1621. Cas-

sini tornou a vel-a de 3.^a grandeza em 1655 e Hevélius dez annos depois. John Herschel collocou-a entre as estrellas *variaveis*, de que logo nos occuparemos; mas Argelander considerou-a uma das estrellas *novas* que não haviam desaparecido ainda.

A de 1604 *viveu* 15 mezes e hoje nem se vê o seu *cadaver*, nem restos alguns. Foi ella observada por dous illustres astrónomos, Képler e Galileu.

A de 1670 apresentou o singular phenomeno d'extinguir-se e de reanimar-se muitas vezes antes de sumir-se completamente.

No dia 28 de abril de 1848 Hind descobriu na constellação *ophiucus* uma estrella de 5.^a grandeza, que apresentava uma côr amarello-avermelhada. Foi um astro ephemero, que em 1850 desceu insensivelmente até 12.^a grandeza.

Na noute de 12 de maio de 1866 Birmingham, em Irlanda, e na noute seguinte Courbebaisse, engenheiro chefe de pontes e de calçadas, em Rochefort, e Schmidt, em Athenas, descobriram uma estrella nova na constellação da *corôa boreal*. Era bastante brilhante, pois quasi igualava em brilho a *perola* da *corôa*. Depois d'estes dias foi diminuindo o seu brilho lentamente, na razão de meia grandeza por dia, até ao dia 20 e mais lentamente ainda depois até ao fim de junho, época em que chegou a

9.^a grandeza, cessando ahi as suas variações apreciaveis.

Contamos esta estrella como temporaria, apesar de estar averiguado que era a estrella 2765^a do grande catalogo de Argelander, porque os phenomenos n'ella operados são da mesma ordem que os das temporarias. Effectivamente as considerações seguintes mostram que a estrella nova de 1866 era a 2765^a d'aquelle catalogo:

1.^a A estrella nova ficou reduzida a 9.^a grandeza e d'esta grandeza era a 2765^a do catalogo de Argelander;

2.^a segundo Stone, a posição média da estrella nova, no 1.^o de janeiro de 1866, correspondia ás coordenadas

ascensão recta $15^{\text{h}}53^{\text{m}}53^{\text{s}},8$
e distancia polar $63^{\circ}41'52'',9$

e as da outra estrella que consideramos, sem a correcção devida ao movimento proprio, de que logo trataremos, seriam no mesmo dia

ascensão recta $15^{\text{h}}53^{\text{m}}54^{\text{s}},5$
e distancia polar $63^{\circ}41'49'';$

3.^a segundo communições de Graham, no ca-

talogo de Wollaston ha uma estrella cuja posição média em 1790 era dada pelas coordenadas

ascensão recta. .14^h51^m e distancia polar. .63°29',

coordenadas que, reduzidas a 1866, são

ascensão recta. .15^h54^m e distancia polar. .63°42',

que coincidem quasi com a da estrella nova;

4.^a no grande globo celeste de Cary está marcada uma nebulosa muito perto d'esta estrella, nebulosa que não vem indicada no catalogo de W. Herschel;

5.^a John Herschel diz que n'um antigo globo celeste de Bordin, que contem as posições de 6000 estrellas, segundo as observações de seu pae, de Maskeline, de Wollaston e d'outros, apparece uma estrella de 9.^a grandeza exactamente no lugar da estrella de que nos occupamos.

Todas estas considerações vêm com outras em *Monthly Notices*.

Achando-se esta estrella no prolongamento da linha $\alpha\gamma\delta$, fórma com $\epsilon\delta$ um triangulo rectangulo, de cujo angulo recto é ϵ o vertice.

A lista das pag. 139 e 140 mostra que na mesma constellação têm apparecido estrellas novas em

épocas diferentes. Em *escorpião* têm apparecido cinco, sendo as épocas da sua apparição separadas por intervallos comprehendidos entre 376 annos, desde 827 até 1203, e 527, desde 134 annos antes da era christã até 393. Em *ophiucus* têm apparecido quatro, sendo os intervallos das apparições comprehendidos entre 1107 annos, desde 123 até 1230, e 244, desde 1604 até 1848. Em *cassiopeia* e entre esta constellação e *cepheu* têm apparecido trez, sendo de 319 annos o intervallo comprehendido entre as desappareições das duas primeiras e 308 entre as da segunda e da terceira. Se estas estrellas são apparições successivas e mais ou menos periodicas de certas estrellas, do que se havia lembrado Petit, no seculo actual, provavelmente entre 1880, correspondente ao periodo de 308 annos, e 1891, correspondente ao de 319, deve ser observada outra estrella nova n'esta constellação.

Montucci, discutindo esta lista, deduziu d'ella um quadro de progressões arithmeticas muito engenhosas, do qual resultava que muitas estrellas temporarias são simples apparições d'estrellas que no espaço de 7 annos e 9 mezes, pouco mais ou pouco menos, percorrem uma órbita desconhecida. Eis o quadro de taes progressões, tão rigorosas quanto póde exigir-se em questões de datas tão vagas:

Progressões arithmeticas	Epocas correspondentes
369 = 369	369
369 + 3 × 7,75 = 392,25	393
392,25 + 56 × 7,75 = 826,25	827
826,25 + 24 × 7,75 = 1012,25	1012
1012,25 + 28 × 7,75 = 1229,25	1230
1229,25 + 45 × 7,75 = 1578	1578
1578 + 4 × 7,75 = 1609	1609
1609 + 8 × 7,75 = 1671	1670

A este quadro póde ainda juntar-se a seguinte progressão, apezar de conduzir a uma differença um pouco mais consideravel que as precedentes:

$1671 + 23 \times 7,75 = 1849,25$, a que corresponde a época 1848.

Feliz brinquedo do espirito ou aturado e paciente estudo, jogo do acaso ou producto de repetidos ensaios, esta concepção, se não tem o character de verdadeira theoria, é realmente d'um engenho admiravel. Não deve ser guardada como objecto de curiosidade; é assumpto de sérias reflexões. Progri-dam as observações sobre estes astros transitorios e consulte-se devidamente este quadro.

Todas estas estrellas foram observadas na via lactea ou nos seus limites exteriores, excepto a de 1012, que appareceu em *áries*.

Um outro phenomeno que nos parece intima-

mente ligado com este, tão curioso pelo menos, é a desaparição completa de certas estrellas. Se parecem *nascer* as estrellas novas, parecem estas *morrer*.

Durante o cêrco de Troia foi extincta uma das *pleiades*.

Segundo Ullugh-Beigh, em 1437 não se viam nos lugares indicados estrellas do catalogo de Ptolomeu. Entre outras cita a 11.^a de *lobo*, uma d'*auriga* e 6 vizinhas do *peixe austral*, sendo 4 de 3.^a grandeza.

Nos annaes officiaes da China vêm indicadas desaparições de muitas estrellas.

W. Herschel notou que depois de Flamsteed foram extinctas muitas. Foram entre outras a 9.^a e 10.^a de *tauro*, de 6.^a grandeza; a 55.^a d'*hercules*, que no catalogo de Flamsteed é considerada de 5.^a grandeza, que W. Herschel viu rubra no dia 10 d'outubro de 1781 e branca, como uma estrella ordinaria, no dia 11 d'abril de 1782 e de que não observou vestigio algum mais desde 24 de maio; as estrellas 80.^a e 81.^a d'esta mesma constellação, de 4.^a grandeza; e a 42.^a das estrellas de *virgo*.

Têm sido observados tambem estes phenomenos em *leão*, *balança*, *ursa-menor* e n'outras constellações.

Comparando estas apparencias com as das es-

trellas temporarias, notamos certa relação de analogia entre ellas, excepto no periodo da duração.

Terão tido lugar em todos esses corpos os phenomenos que a Geologia mostra nas differentes épocas do planeta que habitamos?

O estudo dos espectros dos corpos terrestres mostra a constituição physica e a composição chimica dos corpos celestes e não pôde assim tambem o estudo das differentes phases, por que têm passado a terra, mostrar as que têm tido lugar em todos os outros corpos do universo?

Pôde afirmar-se que esses astros, considerados hoje extinctos, são corpos opacos que vão percorrendo as suas órbitas segundo as leis da harmonia e do movimento.

Quem sabe se em alguns d'esses corpos distantes da terra é esta ainda vista como um ponto luminoso?... Se n'outros está a sumir-se?... Se n'outros é considerada extincta?...

«Existem nos espaços celestes corpos opacos tão «consideraveis e talvez tão innumeraveis como as «estrellas» (49): tal é a opinião de Laplace, de Bessel, de Struve, de Peters, de Schumacher e d'outros sabios.

(49) Laplace, *Exp. du syst. du monde.*

«Um corpo escuro póde ser o centro attractivo
«de corpos luminosos como de massas planeta-
«rias» (50).

Não são estes os unicos factos de transformações
no universo. É opinião nossa, ha muito já, que a
natureza é composta d'um limitado numero d'ele-
mentos, que podem combinar-se por diversas fór-
mas em numero infinito, e obedece a novas e in-
cessantes transformações. Novas fórmulas resultam
constantemente de novas combinações.

«Omnia mortali mutantur lege creata,
«Nec se cognoscunt terræ vertentibus annis (51)»

é uma lei que o sabio tem visto confirmada pelos
trabalhos de todos os seculos. A sua acção não tem
por limites os da terra; vae até aos confins dos es-
paços planetarios, passa além e vae exercer-se so-
bre cada um de todos os corpos do universo. A na-
tureza é o Protheu Supremo.

Reina tambem a vida em muitos d'esses corpos,
se não em todos. «Os espaços celestes já não de-
«vem ser considerados a séde da eterna tranquill-
«dade, do repouso absoluto e da silenciosa incor-

(50) A. de Guynemer, *Dict. d'Astr.*

(51) M. Manilii, *Astronomicon.*

«ruptibilidade; são pelo contrário o vasto theatro
«d'uma vida immensa, d'uma vida universal, que
«arrasta no seu turbilhão cada mundo. Nada lh'es-
«capa. Decorrem os periodos; mas tudo muda, trans-
«forma-se tudo e move-se tudo na natureza» (52).

Onde transformação, ahí movimento; pois qual-
quer transformação movimento é. O movimento é
a primeira lei do universo. Qualquer particula ma-
terial move-se, porque é material, porque a força
é como o espirito da materia e porque o movimento
é a manifestação da materia.

Factos de transformação ou de movimento ou
de transformação e de movimento, que é o mesmo,
são as estrellas *temporarias* ou *variaveis*, isto é, es-
trellas cujo brilho varía periodicamente. N'alguns
d'estes astros singulares a passagem do maximo
para o minimo d'intensidade e a volta do minimo
para o maximo operam-se em pouco tempo; n'ou-
tros porém são muito consideraveis semelhantes pe-
riodos.

No dia 13 d'agosto de 1596 David Fabricius
descobriu no collo da *baleia* uma estrella de 3.^a
grandeza, que desapareceu, passados dous mezes.
Considerou-a elle uma estrella nova.

(52) Camille Flammarion, *Ét. et lect. sur l'Astr.*

Em 1603 Bayer marcou na mesma constellação uma estrella de 4.^a grandeza com a letra *o*; mas não attendeu á singularidade de ser o lugar d'esta estrella exactamente o mesmo que o da observada por David Fabricius. Escapou-lhe assim a glória d'uma das mais bellas descobertas da Astronomia moderna.

No começo de dezembro de 1638 J. Phocylides Holwarda, professor em Franecker viu, durante um eclipse da lua, esta estrella que excedia então as de 3.^a grandeza. No meiado do verão de 1639 já Holwarda não pôde descobrir tal estrella; porém mais tarde, no dia 7 de novembro d'esse anno, tornou a vê-la no seu lugar. Descobriu assim Holwarda unicamente pelas suas observaões que podia haver estrellas sujeitas a alternativas periodicas de desapareição e de reaparição.

Ás de Holwarda seguiram-se as observaões de Fullenius, professor tambem em Franecker. Em 1641 esta estrella começou a tornar-se visivel sómente a partir de 23 de setembro e, passado um anno, foi vista novamente. Em agosto de 1644 não havia vestigios alguns d'ella.

Em fevereiro de 1647 viu Jungius ser esta estrella de 3.^a grandeza e não a encontrou desde julho até novembro de 1648.

Vieram depois as observaões assiduas e minu

ciosas d'Hevélius. A primeira série d'observações, exposta na *Historia miræ stellæ*, abrange o intervallo comprehendido entre os annos 1648 e 1662, intervallo em que tal estrella foi de 3.^a grandeza muitas vezes e muitas outras invisivel.

Não passavam d'aqui as observações quando em 1667 Boulliaud discutiu attentamente as observações comprehendidas entre 1638 e 1666, chegando aos resultados seguintes:

1.^o o tempo decorrido entre duas desaparições successivas d'esta estrella é de 333 dias;

2.^o a duração do maximo brilho é quasi invariavel e anda por 15 dias;

3.^o o instante da mais rapida variação da intensidade é aquelle em que a estrella começa a entrar na 5.^a grandeza.

Verificou-se ainda depois o seguinte:

1.^o não chega em todos os periodos ás mesmas grandezas; pois algumas vezes chega á 2.^a e outras vae sómente até á 3.^a;

2.^o é variavel a duração da sua apparição; pois n'alguns annos tem sido vista esta estrella durante mais que quatro mezes e n'outros durante trez mezes sómente;

3.^o a duração do periodo ascendente da luz não é igual á do descendente; pois gasta esta estrella para ir da 6.^a grandeza ao maximo da intensidade,

ora mais, ora menos, que para voltar d'este maximo áquella grandeza.

São altamente importantes os trabalhos de W. Herschel *sobre as estrellas periodicas*. Em maio de 1780 apresentou á Sociedade Real de Londres uma memoria sobre as variações da intensidade da estrella α da *baleia* (53). Foi esta a primeira memoria que apresentou a esta Sociedade. Passados 11 annos, em dezembro de 1791, communicou á mesma Sociedade novas observações sobre esta *admiravel* estrella. A attenção do illustre astrónomo de Slough havia-se dirigido principalmente para os valores absolutos dos maximos e dos minimos da intensidade. Eis os resultados relativos aos

maximos:

em outubro de 1779 foi quasi de 1.^a grandeza, excedeu α d'*aries* e pouco inferior foi *aldébaran*;

em 1780 chegou apenas a ser de 3.^a grandeza, igualando δ da mesma constellação;

em 1781 o seu brilho foi um pouco inferior ao de 1718;

(53) *Phil. Transact.*, tomo LXX.

em 1782 subiu até 2.^a grandeza, sendo tão brilhante como β ;

em 1783 foi menos brilhante que δ ;

em 1789 e em 1790 esteve entre 3.^a e 2.^a grandeza;

e aos minimos:

em 1777 foi invisivel;

em 1783 escapou até a um telescopio que mostrava as estrellas de 10.^a grandeza;

e em 1784 foi observada n'uma época em que não excedia a 8.^a grandeza.

Em 1779 a duração do seu maximo brilho foi d'um mez inteiro e de 20 dias em 1782: resultados muito differentes dos de Boulliaud.

Não foi acceto por todos o numero de dias que Boulliaud estabeleceu para o periodo das desappareições. J. Cassini adoptou o numero 334. W. Herschel pensou que sómente podia conseguir uma concordancia razoavel entre as diversas datas dos maximos inscriptas nas collecções academicas, admitindo um periodo mais curto ainda que o de Boulliaud, periodo que fixou em 331 dias.

Temos-nos demorado muito sobre esta estrella, por ter ella sido, como já dissemos, objecto de trabalhos aturados d'astrónomos distinctos, além de

que nas outras estrellas temporarias têm sido observados phenomenos analogos.

Eratósthenez, 250 annos antes da era christã, dizia que a estrella mais brilhante d'*escorpião* era a da garra boreal e hoje tal estrella é menos brilhante que a da garra austral e muito menos ainda que *antáres*.

A estrella α d'*hercules*, que é periodica tambem, foi objecto das observações de W. Herschel em 1795 e em 1796 e d'uma memoria inserta no tomo LXXXVI de *Phil. Trans.* O maximo brilho d'esta estrella é de 3.^a grandeza, o minimo de 4.^a e 60^d e 8^h são o tempo necessario para a estrella passar por todas as variações da intensidade e voltar a um certo estado.

A estrella α do collo de *cysne* sobe de 11.^a grandeza até 5.^a e é de 404^d a duração do periodo correspondente. Foi Kirch quem descobriu que ella era periodica e Maraldi quem determinou este periodo.

A estrella 30.^a d'*hydra*, que foi reconhecida periodica por Maraldi, varia entre 4.^a grandeza e a desaparição. O seu periodo, determinado por Maraldi e depois melhor ainda por Pigott, é de 494^d.

Algol ou β de *perseu* foi reconhecida variavel entre 2.^a e 4.^a grandeza por Montanari e por Maraldi. O seu periodo foi fixo por Goodricke em 2^d 20^h 48^m.

O periodo de δ de *cephæu*, que varia entre 3.^a e 5.^a grandeza, quando muito, foi fixo por Goodricke em 5^d 8^h 37^m.

Goodricke determinou tambem o periodo de β de *lyra*, estrella que varia entre 3.^a e 5.^a grandeza. É de 6^d 9^h este periodo.

Muitas outras poderamos citar. John Herschel eleva a 45 o numero das estrellas cuja periodicidade está bem estabelecida.

Mais paginas ainda dedicadas a trabalhos de W. Herschel. Poucos pontos d'Astronomia, se os ha, podem tocar-se sem apresentar-se o nome augusto de vulto tão venerando.

Ha astros que á vista inerte parecem uma estrella só; mas em que o telescópio descobre duas, trez, quatro, cinco e até seis, de grandezas diversas. São as estrellas *duplas* e *multiplas*, ligadas entre si pela força que prende ao sol os planetas todos.

É devida ao célebre astrónomo de Slough tal descoberta, que conduziu a muitos dos resultados mais maravilhosos e mais importantes, não só da Astronomia, mas tambem da Philosophia Natural.

É certo que antes d'elle havia escripto Lambert :
 «observando-se os grupos em que se acham muito
 «condensadas as estrellas, decidir-se-ha talvez se
 «algumas *fixas* fazem em pouco tempo as suas re-
 «voluções ao redor d'um centro commum de gra-

«vidade»; é certo que Michell, recorrendo ao calculo das probabilidades, estabeleceu que «ha uma «grandissima probabilidade, certeza quasi, de que «as estrellas *duplas e multiplas* formam systemas «reaes e sujeitos á influencia da lei geral»; mas é certo tambem, e não menos, que a verdadeira demonstração d'esta verdade apparece nos trabalhos de W. Herschel.

Não são effectivamente simples *pares opticos* as estrellas duplas; são *pares physicos* tambem. Movem-se estas estrellas ao redor do seu centro commum de gravidade; todavia o que se observa facilmente é apenas o movimento da menor ao redor da maior.

Eis decretada a universalidade da gravitação! E a unidade da força por que não?... O fino pó, depositando-se lentamente nas delicadas pétalas de flôr mimosa, não obedece assim á mesma lei que domina a materia nos espaços planetarios e que vae ainda além ligar as estrellas em forte laço?... E por que não a unidade da materia?... Se na natureza tudo é movimento, se a força é unica e as leis as mesmas, por que ha-de ser diversa a essencia da materia?...

São leis admiraveis que a Philosophia Natural ha-de ir estabelecendo, abrangendo o universo inteiro.

Não foi assim d'um brilhante futuro tal descoberta de W. Herschel?

São reconhecidas hoje nos dous hemispherios perto de 2000 estrellas duplas por John Herschel, Bessel, Dunlop, Argelander, Encke, Gall, Preuss, Otto Struve e outros.

A estrella ξ d'*ursa-maior* percorre em 61 annos, pouco mais ou pouco menos, uma órbita, cuja excentricidade é 0,43.

A ζ d'*hercules*, composta d'uma estrella de 3.^a e d'outra de 6.^a grandeza, faz a sua revolução em 36 annos, sendo 0,44 a sua excentricidade.

A η de *corôa*, que se decompõe n'uma estrella de 5.^a e n'outra de 6.^a grandeza, faz a sua revolução de 66 annos n'uma órbita, cuja excentricidade é 0,47.

E muitas outras poderíamos citar, se tivesse de ser completo o nosso trabalho n'este ponto.

A estrella tripla mais notavel do nosso hemispherio é γ de *leão*, cuja revolução é de 1200 annos.

As estrellas ζ de *cancer* e ξ de *lyra* são systemas triplos.

Como exemplos de systemas quadruplos citamos α d'*andrómeda* e ϵ de *lyra*. Esta póde ser desdobrada facilmente em duas por uma luneta de força mediocre e cada uma das suas componentes des-

dobra-se ainda em duas, sendo observada com uma luneta de mais forte amplificação.

A estrella θ d'*orion* é quintupla. Segue o movimento d'um astro mais consideravel.

Em virtude de todas as observações das estrellas temporarias e das duplas, póde affirmar-se que ao redor das estrellas circulam corpos escuros semelhantes aos planetas do nosso systema. Em 1862 descobriu A. Clarke, em Chicago, um companheiro escuro de *sirius*, distante d'esta estrella cêrca de 8". Bessel havia previsto a existencia d'este corpo, como havia indicado a d'um companheiro de *procyon*, pois em taes estrellas as differenças d'ascensão recta e de declinação correspondentes a épocas differentes; feitas todas as correcções, são tão consideraveis, que não podem ser attribuidas a erros das observações. O distincto astrónomo de Kœnigsberg attribuiu estas differenças á attracção d'um corpo invisivel, de massa consideravel e vizinho da estrella. Partindo d'esta hypothese, Peters determinou em Altona, por meio dos desvios em ascensão recta, a órbita de *sirius* ao redor do seu companheiro e exprimiu pela fórmula seguinte a correcção q , que deve fazer-se na ascensão recta d'esta estrella:

$$q = 0^s,127 + 0^s,00050(t - 1800) + \\ + 0^s,171 \text{sen}(u + 77^{\circ}44'),$$

sendo o angulo u dado pela equação

$$7^{\circ},1865(t-1791,431)=u-0,7994 \operatorname{sen} u,$$

em que $7^{\circ},1865$ é o movimento médio de *sirius* ao redor do centro de gravidade do systema.

Segundo as observações de Safford em Cambridge, deve applicar-se ás declinações observadas a correcção

$$q' = 0'',56 + 0'',0202(t-1800) + 1'',47 \operatorname{sen} u + \\ + 0'',51 \operatorname{cos} u \text{ (54).}$$

Eis outra prova da universalidade da gravitação. O companheiro de *sirius* foi annuciado e descoberto em virtude dos movimentos d'este astro, como pelos movimentos d'urano foi descoberto o planeta neptuno.

Certo é que «se não existisse a attracção, dever-se-ia invental-a» (55).

Todos estes phenomenos estão em admiravel

(54) F. Brünnow, *Traité d'Astronomie Sphérique et d'Astronomie Pratique*.

(55) Ch. Nagy, *Cons. sur les comètes ou Élémt. d'une Comét.*

harmonia com as estrellas *agrupadas*, que Messier indicou. Têm estas a apparencia de pequenos cometas; mas pelos telescopios são decompostas em myriades d'estrellas agrupadas ao redor d'um centro mais luminoso. Muitas apresentam uma fórma completamente redonda, como uma reunião d'estrellas constituida em familia celeste, sujeita a leis particulares, parecendo que 5000 d'estes astros não occupam uma superficie maior que a decima parte do disco lunar.

A constellação das *pleiades* offerece á vista inerte uma reunião de 6 ou 7 estrellas e ás lunetas 50 ou 60 com os intervallos correspondentes.

Em *cancer* ha um grupo d'estes astros, a que se deu nome de *colmeia*.

Combine-se o que se lê nas paginas da historia da terra com o que se lê no livro estrellar e apparecerá assim a theoria completa do universo.

*
*

Flores diamantinas dos campos celestes, pedras preciosas do ceruleo manto do Criador e *luzeiros accesos por mão invisivel para delicias dos nossos olhos*, foram as estrellas para os antigos; hoje são, e vamos mostral-o, hoje são verdadeiros sóes acompanhados, como o nosso, por um cortejo de plane-

tas. Nem admira que *primitivamente* hajam sido consideradas assim as estrellas; «segundo as apparencias, devia crer-se primitivamente que o sol e a lua eram os unicos corpos em movimento no espaço *entre o céo e a terra* e que as estrellas estavam presas, *fixas* a um firmamento cristallino, «abóbada celeste que gyrava toda ao redor de «nós» (56). As espheras cristallinas estão já em estilhaços, como em estilhaços vão sendo postos agora os grilhões da fé que roxeavam os pulsos da sciencia. Se no fim do seculo xvi Vallesius Covarobianus tentou reconstruil-as, é certo que o seu systema não teve adeptos. F. Arago condemna-o com a severidade com que condemna a Astrologia.

As estrellas não nos escondem a sua natureza intima; dão-nos indicações d'ella, até as mais completas, porque são fontes de luz propria.

Era verosimil, simplesmente por uma possivel analogia, a opinião de que as estrellas são verdadeiros sóes, cada uma centro d'uma familia de planetas; mas a analyse espectral, ajudada pela photographia, veio imprimir em tal opinião o cunho da certeza, convertendo, por um poder magico, o vasto theatro do universo n'um observatorio immenso.

(56) A. de Guynemer, *Dict. d'Astr.*

Ha desenhos muito exactos d'espectros estrellares, reproduzidos pela photographia em vidros transparentes, photographias que podem ser observadas muito bem, sendo projectadas sobre um diaphragma por meio da lampada electrica.

«A constituição physica das estrellas *fixas* é semelhante á do sol» (57). As estrellas são, como o sol, constituidas por nucleos luminosos e cercados por atmospheras de vapores absorventes; mas, não obstante semelhante unidade do plano geral d'estructura, existe entre ellas enormissima diversidade de composição. São todas sóes, mas differem consideravelmente entre si pela natureza dos seus elementos constituintes.

Quasi todas as estrellas parecem possuir alguns dos elementos communs ao sol e á terra. A β de *pégaso* contém sodium, magnesium e provavelmente baryum; α de *lyra* (*wéga*) sodium, magnesium e ferro; *sirius* sodium, magnesium, ferro e hydrogeno; e *pollux* sodium, magnesium e ferro. Indicam alguns d'estes elementos n'estes astros uma vida possivel, terrestre, aquatica e aérea.

Ha um pequeno numero d'estrellas caracteriza-

(57) 2.^a das theses que nos propomos defender em *Astronomia Physica*.

das, na sua constituição, por algumas propriedades altamente significativas. Nos seus espectros nota-se a ausencia das duas raias características do hydrogeno, uma na região rubra e outra na verde, raias correspondentes ás *C* e *F* de Fraünhofer. A ausencia de taes raias prova que nas atmosferas d'essas estrellas não ha vapor aquoso. Mundos sem água! Que vida a de lá!

Bem extravagantes foram muitas das opiniões que se apresentaram sobre as estrellas temporarias.

Tycho-Brahé considerou a estrella de 1572 uma criação nova proveniente d'uma porção de materia diffusa no universo.

Frascatore, J. Dee e Élie Camerarius diziam que tal estrella havia sido criada na época em que foram as outras e que se havia tornado visível subitamente por haver-se approximado subitamente da terra. F. Arago mostrou com um calculo muito simples a impossibilidade de tal hypothese; pois, concedida ainda ao movimento d'esta estrella a velocidade da luz, ser-lhe-iam necessarios 36 annos para marchar da região das estrellas de 7.^a grandeza á das de 1.^a e outros 36 para voltar d'esta áquella.

Segundo Vallesius Covarrobianus era esta estrella muito pequena e veio collocar-se sobre ella um orbe cristallino.

Riccioli suppoz que havia estrellas luminosas n'um lado e escuras n'outro, que Deus faz gyrar bruscamente sobre o seu centro, quando quer mostrar aos homens alguns signaes extraordinarios (58).

A analyse espectral foi tambem a espada de Alexandre que veio cortar este nó gordio. Huggins e Miller, em Inglaterra, Wolff e Rayet, em França, fizeram a analyse espectral da estrella de 1866.

O espectro d'esta estrella era composto de dous espectros sobrepostos: o primeiro formado por quatro raias brilhantes e o segundo analogo aos do sol e das estrellas. Representavam assim estes dous espectros duas fontes distinctas de luz: a primeira era um nucleo luminoso cercado por uma atmospheria de vapores absorventes e a segunda era formada por gazes luminosos. Um d'estes gazes era o hydrogeno.

Mostra assim a analyse espectral que «as estrellas temporarias são astros envolvidos subitamente «na época do seu brilho por gazes em combustão» (59). Fica então conhecida a constituição d'estes astros.

(58) *Almagestum novum*.

(59) 4.^a das theses que nos propomos defender em *Astronomia Physica*.

Passemos agora ás estrellas periodicas.

Boulliaud considerou-as globos com pontos escuros e luminosos, dotados d'um movimento de rotação regular e constante ao redor d'um dos seus diametros.

Appareceu depois a conjectura de que corpos celestes, mais ou menos opacos, gyravam ao redor das estrellas, como seus planetas, vindo assim a collocar-se periodicamente entre nós e o seu astro central.

Voltaire suppol-as muito achatadas, discos quasi, e comparou-as até a lentilhas, parecendo ellas assim tanto mais luminosas, quanto mais perpendicularmente ao raio visual se apresenta o seu diametro maior.

Têm confundido muitos a unidade da essencia com a unidade da fórma, pretendendo assim introduzir o absoluto na explicação dos phenomenos naturaes. A essencia da materia e da força é unica; mas são infinitamente variadas as fórmas sob que se apresenta aquella e sob que esta se manifesta. Tão variadas são, que a unidade da materia e da força acha-se ainda enredada por espiritos metuculosos. A cratera do vulcão, vomitando candente lava e com ella a morte e a devastação, obedece á mesma força a que obedece a fonte, espalhando com a água a vida. Á mesma força obedece a pe-

dra que cahe e a nuvem que s'eleva. O sol é escravo da lei como qualquer relogio dos nossos gabinetes. O mar que inunda os campos, matando a vegetação, é como a gota d'orvalho que dá vida á planta. Tudo assim. A natureza é uma na essencia e infinitamente multipla nas suas fórmas. É convicção nossa, ha muito já, como mostrámos em muitas d'essas paginas que ahi ficam escriptas.

Sendo assim, condemnamos o absoluto na explicação dos phenomenos naturaes, attendemos a todas as circumstancias que possam esclarecel-os, examinamos e procuramos conciliar todas as hypotheses estabelecidas que expliquem alguns d'elles. Por isso acceitamos simultaneamente todas aquellas tres hypotheses e mais ainda a de Frascatore, de J. Dee d'Élie Camerarius, applicada ás estrellas periodicas, declarando todavia que nos parecem mais importantes as da rotação estrellar e da existencia de corpos escuros que gravitam para as estrellas. A primeira d'estas duas hypotheses ganha mais força ainda pela consideração de que as manchas solares estão sujeitas, no numero e na intensidade, a uma certa periodicidade.

Podemos assim estabelecer que as estrellas são verdadeiros sóes e reciprocamente que o sol é uma verdadeira estrella. Existem assim no universo muitos systemas celestes, regidos pela mesma força e

organizados pela mesma materia com fórmãs diversissimas. Pelas profundezas d'esses espaços inacessiveis desenrolam-se as ricas bellezas d'esses mundos longinquos!

Somos assim tão pequenos?... Triumpho brilhante sobre o gigante do universo! Pequeno, invisivel para todos esses corpos, vae o homem tocal-os quasi, medil-os, pesal-os, descobrir-lhes as leis, prever as suas posições e fórmãs em épocas futuras! Tão fraco penetra, atravez da immensidade, no interior de cada um! Somos pequenos ainda?

* * *

Nos espaços celestes brilham milhares de pedras preciosas. O pincel da natureza matizou o universo com as variadas côres que embellezam a plumagem das aves tropicaes. Rica marchetaria é o firmamento emfim.

O rubim, a esmeralda e a saphíra brilham em cerrado grupo perto da *cruz do sul*. Semelham opálas as estrellas que compoem α de *centauro*. Diamantes apparecem aos milhares. A neve do cysne e o louro do leão estendem-se sobre alguns pontos da abóbada celeste, como perola e topazio. Parece que a natureza dos céos está disputando a magnificencia da natureza da terra.

Não são d'agora só taes observações. No tempo de Ptolomeu distinguiam-se já estrellas avermelhadas. Eram *aldébaran*, *pollux*, *antáres*, *arcturus* e *α d'orion*, que se conservam hoje ainda como então. Apresentava tambem então esta mesma côr a estrella *sirius*, que Séneca dizia ser mais rubra do que marte e que hoje é inteiramente branca.

As estrellas azues e as verdes, as saphíras e as esmeraldas celestes, parecem ter sido observadas sómente no seculo xvii, pois *Traité des couleurs* de Mariotte, obra publicada em 1686, é a primeira, que nos conste, em que vêm mencionadas estrellas constantemente azues. «As estrellas que parecem «azues», diz o illustre physico, «têm uma luz fraca; «mas pura.» Têm uma luz *dôce*, como diz o nosso Camões.

Nos catalogos de W. Herschel apparecem brilhantes exemplos de sóes vermelhos, amarellos, azues e verdes. Eis alguns:

μ de *cysne* é composta d'uma grande estrella branca e d'uma pequena azulada;

β da mesma constellação é d'uma grande d'um rubro descórado e d'uma pequena d'um magnifico azul;

em π d'*andrómeda* observa-se uma grande branca e uma pequena azulada;

e em λ d'*ophiucus* o mesmo com alguma differença no azul.

Citamos ainda os exemplos seguintes, tirados dos catalogos de John Herschel, de South e de Dunlop:

λ d'*aries*, composta d'uma grande branca e d'uma pequena azul;

59^a d'*andrómeda*, grande e pequena azuladas;

62^a d'*éridan*, grande branca e pequena azul;

e ψ de *cysne*, grande branca e pequena d'um azul vivissimo.

Segundo diz Dunlop, ha no hemispherio austral um grupo do diametro 3' 30'', cujas estrellas são todas azuladas.

John Herschel indica nas suas observações, feitas no cabo de Bôa Esperança, 76 estrellas vermelhas, de 7.^a e 8.^a grandeza. No espelho do telescópio faziam o effeito de gotas de sangue.

Em geral, nos systemas binarios nota-se a singularidade de ser a côr d'uma das estrellas complementar da côr da outra. Assim, sendo a pequena azul ou verde, a grande é amarella ou vermelha, como nos exemplos seguintes:

ζ de *cancer* mostra uma estrella amarella e uma pequena azul;

α d'*hercules* uma vermelha e outra verde.

Esta consideração conduziu á hypothese de que era real sómente uma das côres, sendo a outra uma

illusão optica, um effeito de contraste. A observação veio destruir semelhante hypothese, pois, sendo occultada uma das estrellas por um fio ou por um diaphragma disposto no instrumento da observação, vê-se a outra com a mesma côr.

Ha estrellas cuja côr varia.

A observação da côr das estrellas periodicas mostra que os raios de côres differentes movem-se nos espaços celestes com a mesma velocidade.

Existem assim sóes azues, amarellos, vermelhos e verdes.

Ha planetas em que a um dia azul succede um dia amarello; outros em que a um dia vermelho succede um verde.

Alternativas magnificas para nós, que no nosso planeta observamos phenomenos tão diversos d'estes e os mesmos sempre!

E as luas de taes planetas? Umas vezes ostentam-se como lindas opálas; outras mostram-se com porções de differentes côres; outras parecem immensos fructos verdes suspensos nos céos; e finalmente são espheras maravilhosas que tanto contrastam com a modestia da nossa lua.

Não menos notaveis hão-de ser os eclipses d'esses sóes. Vão-se approximando os sóes córados, cada um com a sua côr, e depois sobre a terra correspondente cahe uma côr só, proveniente das duas,

ou são annulares os eclipses, como, por exemplo, um anel azul ao redor d'uma peça d'ouro.

«É realmente para desejar sahir da terra e subir «a mundos tão maravilhosos» (60)!

Como é grande a diversidade na côr das estrellas, assim é tambem no seu brilho. Já fallámos até da classificação das estrellas segundo a ordem da intensidade relativa da sua luz. Eis um exemplo notavel da relação do brilho d'uma estrella com o do sol:

Wollaston e Herschel calcularam que a lua é 27,4 vezes mais brilhante que α de *centauro* e que o sol é 800000 vezes mais que a lua, sendo assim o brilho do sol 21920000 vezes maior que o d'aquella estrella.

Nos escriptos d'Aristóteles e de Séneca vem mencionado o calor das estrellas.

Aristarco, de Samos, dizia que, por serem as estrellas de natureza ignea, como o sol, deviam emittir raios calorificos.

Nos tempos modernos, Fourier e Poisson calcularam a perda que os raios calorificos das estrellas soffrem atravessando o ether, cuja temperatura é assim modificada.

(60) Camille Flammarion, *Ét. et lect. sur l'Astr.*

Desde que a Physica moderna mostrou que a luz e o calor são phenomenos concomitantes, effeitos da mesma causa segundo as mesmas leis, não é licito pôr em dúvida a existencia do calor estrellar.

É certo que as emanações luminosas de tantos sóes longinquos brillam a nossos olhos, privadas completamente de calor *sensível*; mas que importa isso?... Os raios solares, cujo calor é tão sensível, que é a nossa vida, não denotam calor, sendo reflectidos pela lua. O calor das noutes d'estio foi armazenado pela terra durante o dia, é sempre o mesmo, qualquer que seja a phase da lua, e quer a lua toque a orla do horisonte, quer esteja no zenith.

A Thermodynâmica estabeleceu as seguintes leis fundamentaes, demonstradas por R. Clausius:

«A *energia* do universo é constante

«E a sua *entropia* tende para um maximo» (61).

As leis da natureza vão-se revelando assim as mesmas em todos os pontos do universo. As forças da natureza são todas universaes e constantes.

* * *

(61) 12.^a das theses que nos propomos defender em Mecânica dos fluidos.

Percorrendo com o telescópio os espaços celestes, observaremos que as estrellas parecem menores, apesar de mais brilhantes, do que sendo observadas pela vista inerte, porque desaparece assim a irradiação. Este phenomeno, inteiramente contrário ao que observamos nos planetas, é um indicio certo e seguro da immensa distancia de taes astros.

Qualquer que seja o lugar da superficie da terra que occupe um observador, o eixo da rotação do céo parece passar sempre por elle e dirigir-se para o mesmo ponto, indicado quasi por α d'*ursa menor*, donde veio o nome de *polar* para esta estrella, que descreve cada dia um circulo de raio $1^{\circ} 24'$. Eis outra prova da immensa distancia d'estes astros.

A terra, relativamente a taes distancias, é um corpo de dimensões infinitivamente pequenas — é um ponto. É por tanto insensível, nullo até, o angulo sob que o raio terrestre seria visto de qualquer das estrellas.

O raio terrestre não póde assim dar indicação alguma acêrca da distancia das estrellas, nem acêrca d'um limite inferior d'ellas. Para a determinação de tal limite, recorreram os astrónomos a uma base maior que o raio terrestre, ao semieixo maior da orbiterra, cujo cumprimento é de 15 milhões de myriametros.

Effectivamente, em virtude da translação da terra, um observador collocado n'ella não vê a mesma estrella projectada sempre no mesmo ponto da esphera celeste, a não serem aquellas de cuja distancia ao sol o raio da orbiterra é uma fracção inapreciavel. Excepto este caso, cada estrella vê-se projectada em pontos differentes da esphera celeste, confôrme a posição que a terra occupa na sua órbita.

Os raios visuaes tirados das extremidades d'um diametro da orbiterra para uma estrella qualquer differem, em geral, entre si e da recta tirada da estrella para o centro da órbita. Tem o nome de *parallaxe annua* o angulo que com esta recta forma um d'aquelles raios. Representando r o raio da orbiterra, δ a distancia da estrella ao centro do sol e a o angulo formado pela distancia da estrella á terra com a orbiterra, a parallaxe annua é dada pela fórmula

$$p = \frac{r}{\delta} \text{ sen } a,$$

sendo $\frac{r}{\delta}$ a parallaxe annua maxima. Algumas estrellas ha cuja parallaxe annua maxima é $< \frac{r}{\delta}$: taes

são as que se acham n'um plano perpendicular ao eixo maior da orbiterra e que passa pelo seu centro.

Para a determinação da parallaxe annua das estrellas dous methodos têm sido propostos: o *dos lugares absolutos* e o *dos lugares relativos*.

D'estes dous methodos o mais vantajoso, o unico que tem conduzido a algumas consequencias, é o *dos lugares relativos*, inventado por W. Herschel (62). Os erros possiveis das observações e a incerteza das correccões necessarias exercem muito menos influencia na determinação da posição relativa de duas estrellas muito vizinhas angularmente, que na determinação dos seus lugares absolutos. Para a determinação das posições relativas os unicos instrumentos necessarios são um micrómetro e uma luneta ou um telescopio; em quanto que o methodo *dos lugares absolutos* exige instrumentos de dimensões muito grandes e que devem conservar-se fixos desde o inverno até ao estio, pois as alturas angulares acima da ecliptica destinadas á comparação devem ser observadas com seis mezes d'intervallo.

(62) Pretende F. Arago que este methodo vem indicado muito claramente na obra *Dialogo* etc. de Galileu; mas, com John Herschel e outros, vemos que Galileu trata ahi apenas da determinação da parallaxe annua pelo methodo *dos lugares absolutos*.

Tanto assim é, que o methodo *dos lugares absolutos* não tem dado ainda resultado algum.

O primeiro que parece ter sujeitado á experien-
cia o methodo *dos lugares relativos* é o Dr. Long,
professor em Cambridge. Não deram resultado al-
gum os seus trabalhos, porque das innumeradas com-
binações binarias que lhe offerecia o firmamento,
escolheu tres estrellas duplas cujas intensidades dif-
ferem pouco entre si: α de *geminis*, γ de *virgo* e *d'aries*.

W. Herschel, não obstante haver escolhido es-
trellas d'intensidades muito differentes, não encon-
trou a parallaxe que procurava; mas fez a impor-
tantissima descoberta das estrellas duplas, de que
já fallámos, pois reconheceu assim ser um simples
effeito de perspectiva a reunião de duas ou mais
estrellas n'um mesmo ponto.

Partindo d'uma distancia média para as estrellas
de cada grandeza, Struve e Peters estabeleceram
os resultados seguintes:

a luz das estrellas de 1. ^a grandeza não póde chegar		
até nós em menos de		16 annos
a das de 2. ^a	»	30 »
» 3. ^a	»	44 »
» 6. ^a	»	130 »

e finalmente a luz das ultimas estrellas visiveis pelo

telescopio de 20 pés d'Herschel gastaria mais de 3500 annos.

Não têm importancia alguma taes resultados, pois está demonstrado hoje que ha estrellas de 6.^a grandeza mais proximas da terra, que algumas de 1.^a

O célebre director do observatorio de Kœnigsberg applicou realmente este methodo com admiravel habilidade e com os mais perseverantes trabalhos. Servindo-se do heliómetro de Fraünhofer, comparou assiduamente as duas estrellas de 6.^a grandeza que compõem a 61.^a de *cysne* com duas de luz pouco intensa, uma á distancia de 7'42" e outra de 11'26" e collocadas por fórma, que com a estrella de comparação formavam um triangulo rectangular. Obteve assim successivamente para a parallaxe annua d'esta estrella os valores 0",3136; 0",3483 e 0",3744. Deve notar-se que tal parallaxe ia augmentando, circumstancia importantissima que, segundo o maior gráo de probabilidade, não póde ser attribuida a erros d'observação e fornece uma indicação importante acérca do ponto d'esta dissertação.

Os resultados de Bessel foram confirmados depois por Peters no observatorio de Poulkowa.

A parallaxe annua d'*arcturus*, estrella de 1.^a grandeza, é de 0",127, sendo consequentemente esta es-

trella mais distante que a 61.^a de *cysne*. Eis provado o que dissemos contra os resultados estabelecidos por Struve.

A estrella mais proxima da terra é α de *centauro*, cuja parallaxe annua, determinada por Henderson e Macléar, é de $0'',91$, parallaxe que corresponde á distancia de 211330 raios da orbiterra.

Lindenau, pela comparação de 810 observações da *polar* feitas por Bradley, Maskeline, Pond, Bessel e por elle mesmo, achou para a parallaxe annua d'esta estrella o valor $0'',1444$ (63); por 603 observações feitas por Struve e Preuss em Dorpat, desde 1822 até 1830, obteve Peters o valor $0'',1724$ (64); Lundahl deduziu $0'',1473$ de mais de 1200 observações feitas tambem em Dorpat por Struve e Preuss; e Struve e Peters obtiveram $0'',106$.

A parallaxe annua de *sirius*, determinada por Henderson e Macléar, é de $0'',15$.

Struve e Peters obtiveram as seguintes:

α de <i>lyra</i>	$0'',207,$
» <i>ursa-maior</i>	$0'',133$
e α » <i>auriga</i>	$0'',046.$

(63) *Jahrbuch de Bode*, 1820.

(64) *Numerus constans nutationis*.

Indicam todos estes valores que são muito consideraveis as distancias das estrellas e tanto, que «a unica unidade de comprimento que póde tomar-se, para fazer-se ideia de distancias tão immensas, «é o caminho percorrido pela luz n'um segundo, «isto é, cerca de 77000 leguas» (65).

Calcula-se assim que são necessarios, pouco mais ou pouco menos:

3 ^{annos}	7 ^{mezes}	para a luz vir de	α de <i>centauro</i>	á terra
9	5	»	61. ^a de <i>cysne</i>	»
12	7	»	<i>wéga</i>	»
21	11	»	<i>sirius</i>	»
24	10	»	γ d' <i>ursa-maior</i>	»
31		»	<i>polar</i>	»
71	8	»	α d' <i>auriga</i>	»

Até hoje não tem sido determinada parallaxe d'uma estrella que chegue a 1". Podemos consequentemente tomar este valor para limite superior das parallaxes das estrellas e a correspondente distancia á terra para limite inferior d'essas distancias, limite que o calculo dá igual a 206265 raios orbitales, ou 4970238638 raios terrestres, pouco

(65) Ed. Dubois, *Cours d'Astronomie*.

mais ou pouco menos. Seriam necessarios 3 annos e 3 mezes para a luz vir á terra desde uma estrella que tivesse tal parallaxe.

E. G. Fahrner, n'uma memoria intitulada *Système solaire d'après la marche réelle du soleil*, apresenta as seguintes considerações, assaz curiosas, acêrca da immensa distancia que separa as estrellas *fixas* do systema planetario:

Uma bala d'artilheria, que percorresse 800 kilometros por hora, precisaria de 4 milhões d'annos para chegar á estrella mais vizinha do systema planetario;

O volume da estrella *sirius* é 224 vezes maior que o do sol, o que realmente estão indicando a parallaxe, o brilho e as dimensões apparentes.

Se o systema planetario fosse transportado para o lugar da estrella α de *centauro*, um observador, collocado em qualquer ponto da órbita da terra, vel-o-ia reduzido a uma estrella de 2.^a a 3.^a grandeza; n'outros termos, para um observador de α de *centauro* o nosso systema é uma estrella de 2.^a a 3.^a grandeza, cujo brilho é sómente o do sol, porque nenhum dos planetas póde ser visto por elle, nem mesmo neptuno, ainda que a parallaxe annua de tal estrella, relativamente a este planeta, possa chegar a 27", pois, além da pequenez de neptuno, a luz reflectida por elle é pouco intensa e não permite descobri-lo de lá.

Todos estes trabalhos estabelecem por uma fôrma admiravel a natureza estrellar do sol e a natureza solar das estrellas.

Assim fica justificada a definição que demos do universo (66).

Eis o que Jordano Bruno havia lido na abóbada celeste (67). Apagou-se, ha muito já, a fogueira que o devorou; nem cinzas restam; mas atravessará os seculos todos a glória de haver elle presentido a verdadeira constituição do universo inteiro.

As garras do tempo, que dilaceram tudo, cahem fulminadas ante o poder d'uma memoria assim, que a posteridade ha-de venerar sempre.

* * *

Criam os antigos que a immobilidade presidia ás longinquas regiões dos estados celestes. Segundo a opinião geralmente admittida então, conservavam-se as mesmas as posições relativas das estrellas, que por isso se diziam *fixas*. A vista inerme não permittia mais.

(66) Pag. 75.

(67) Pag. 40.

Haviam até alguns astrónomos marcado em globos, segundo as indicações dos mais antigos catalogos, diversas combinações de tres estrellas que, estando exactamente situadas n'um circulo maximo, pareciam em linha recta. Riccioli, na sua *Astronomia Reformata*, apresenta 25 exemplos d'estas combinações ternarias.

Semelhantes ideias apparecem agora sómente nas paginas da historia. Acha-se estabelecido que as estrellas são dotadas d'um movimento proprio apreciavel, em virtude do qual, com o decorrer dos annos, sahirão das constellações a que pertencem, variando consideravelmente o aspecto do firmamento.

É o movimento em todo o universo. É a força sempre com a materia.

Foi Halley, em 1718, quem *suspeitou* o movimento proprio d'*aldébaran*, de *sirius* e d'*arcturus* em latitude. *Suspeitou-o* então sómente, porque não podiam conduzir a um resultado certo os unicos termos possiveis de comparação n'esse tempo, que eram as observações imperfeitas das latitudes das estrellas que haviam deixado Aristillo, Timocharis, Hipparco e Ptolomeu.

A um resultado certo chegou J. Cassini pela comparação da latitude d'*arcturus*, que, em 1672, Richer obteve em Cayenna, com as deduzidas dos

trabalhos feitos em Pariz até 1738. E certo que este illustre astrónomo vacillou entre o movimento proprio das estrellas em latitude e o deslocamento da ecliptica; mas a observação resolveu a questão por uma fórma bem peremptoria, pois durante 152 annos tinha sido de 5' a variação d'*arcturus* em latitude e nulla a de γ de *bootes*, que está na sua vizinhança.

Cassini passou á observação do movimento em longitude, movimento que appareceu tão evidente como o que tem lugar em latitude.

Dizia Fontenelle sobre este ponto: «ha uma estrella em *aguia* (α) que, seguindo todas as cousas «o seu curso, terá no seu occidente, passado um «grande numero de seculos, uma outra estrella que «agora se acha no seu oriente. As *fixas* são outros «tantos sóes, como o nosso, centros, cada uma do «seu turbilhão, que podem mover-se ao redor d'um «outro ponto central.»

Bradley, o illustre observador de Greenwich, apresentou n'este ponto uma conjectura que realmente está ao nivel do seu genio. «Se concebermos» diz elle, «se concebermos que o *systema solar muda* «de lugar no espaço absoluto, será possivel que, de «corrido muito tempo, se manifeste uma variação «apparente na distancia angular das estrellas *fixas*. «Assim, sendo a posição das estrellas vizinhas af-

«fectada mais consideravelmente que a das estrelas muito distantes, poderão parecer alteradas as suas situações relativas, ainda que todas as estrellas se tenham conservado immoveis. Por outra parte, se o nosso systema se achar em repouso e algumas estrellas em movimento real, variarão também as posições apparentes e tanto mais, quanto mais rapidos e quanto mais convenientemente dirigidos, para serem bem vistos, forem: esses movimentos e quanto menor for a distancia das estrellas á terra. Podendo depender d'uma tão consideravel variedade de causas as posições relativas das estrellas, serão necessarias talvez as observações de muitos seculos para a descoberta das suas leis.»

Tobie Mayer, em 1760, apresentou á Sociedade Real de Gœttingue uma memoria que continha a comparação das observações feitas por elle em 1756 com as de Rœmer, feitas 50 annos antes. Até então sómente as estrellas principaes haviam sido objecto de trabalhos d'esta ordem; Mayer porém elevou o numero das comparações a 80.

Hoje estão já verificados com muita exactidão os movimentos proprios de muitas. Indicamos os seguintes, que extrahimos da *Astr. Pop.* de F. Arago:

Nomes das estrellas	Grandeza	Valores dos movimentos proprios annuaes
2151 ^a da <i>pôpa do navio</i>	6. ^a	7'',871
ϵ d' <i>índio</i>	6. ^a a 7. ^a	7'',740
1830 ^a do catalogo de Groombridge (estrela d'Argelander)	7. ^a	6'',974
61. ^a de <i>cysne</i>	5. ^a	5'',123
δ d' <i>éridan</i>	5. ^a a 4. ^a	4'',080
μ de <i>cassiopeia</i>	4. ^a	3',740
α de <i>centauro</i>	1. ^a	3'',580
<i>arcturus</i>	1. ^a	2'',250
<i>sirius</i>	1. ^a	1'',234
ι d' <i>ursa-maior</i>	3. ^a a 4. ^a	0'',746
<i>cabra</i>	1. ^a	0'',461
<i>wéga</i>	1. ^a	0'',400
<i>aldébaran</i>	1. ^a	0'',185
e a <i>polar</i>	2. ^a	0'',035

Este quadro offerece uma singularidade muito notavel. Estando as estrellas dispostas segundo a ordem decrescente dos valores dos seus movimentos proprios annuaes, apparecem, relativamente ás grandezas, dispostas quasi em sentido inverso, isto é, os movimentos proprios são mais consideraveis nas estrellas menos brilhantes.

Ha grupos d'estrellas que parecem mover-se n'uma direcção opposta á d'outras.

Parecem outras mover-se ao redor d'estrellas maiores.

Em mais de 3000 as durações da revolução variam desde 30 e tantos até milhares d'annos. Eis os periodos da revolução d'algumas ao redor d'um centro de gravidade:

ζ d' <i>hercules</i>	35 annos
η de <i>corôa boreal</i> .	44 »
ξ d' <i>ursa-maior</i> . . .	60 »
γ de <i>virgo</i>	175 »
<i>castor</i>	entre 253 e 632 »

As observações das estrellas duplas e multiplas mostram que as leis de Képler estendem-se tambem a estas regiões tão distantes, onde *os raios vectores descrevem árcos proporcionaes aos tempos*, como no systema solar.

As parallaxes d'algumas estrellas têm dado tambem a velocidade do seu movimento. Eis as velocidades d'algumas:

Nomes das estrellas	Velocidades
1830 ^a de Groombridge	mais de 300000 metros
<i>arcturus</i>	85360 »

Nomes das estrellas	Velocidades
61. ^a de <i>cysne</i>	mais de 71600 metros
δ <i>cabra</i>	41880 »
<i>sirius</i>	39568 »
ι <i>d'ursa-maior</i>	27000 »
α de <i>centauro</i>	18920 »
<i>wéga</i>	7320 »
e a <i>polar</i>	1600 »

Criam outr'ora os astrónomos que os movimentos proprios das estrellas tinham lugar no mesmo sentido, em linha recta e com uma velocidade constante; mas Bessel, discutindo as posições de *sirius* e de *procyon* correspondentes a épocas convenientemente escolhidas, descobriu nos movimentos d'estes astros irregularidades que o levaram a considerar-os satellites de corpos opacos mais consideraveis. Struve levantou dúvidas contra os resultados do sabio observador de Kœnigsberg.

É um facto o movimento proprio das estrellas, que consequentemente estão sujeitas á lei da attracção. As órbitas estrellares hão-de ser assim necessariamente curvilineas. Órbitas rectilineas na natureza são impossiveis, como impossivel é um effeito sem causa, como impossivel é um quadrado circular.

Imaginemos uma órbita rectilinea percorrida

por um corpo com uma velocidade qualquer e consideremos esse corpo nas suas relações com os outros corpos da natureza. Que acontece assim?

Vae-se desviando esse corpo de todos os outros até que, decorrido certo numero d'annos, de seculos ou de milhares de seculos (não importa o tempo), está muito distante d'elles e tão distante, que pôde considerar-se fóra da sua attracção, tendo resultado transtorno em todos elles.

Que força é essa então que assim deixa escapar um corpo que devêra acompanhar sempre?

Para onde se dirige esse corpo atravessando o universo?

Seriam todos os systemas celestes tão condenscentes com um capricho tão extravagante, que não o prendessem a si, forçando-o a fazer parte d'elle?

Abnegação impossivel! A razão recusa-se á concepção de semelhante movimento.

Demais, como já dissemos, têm sido reconhecidos os periodos da revolução d'algumas. Tal analogia só por si conduziria á probabilidade.

As irregularidades dos movimentos de *sirius* e de *procyon* indicam evidentemente a existencia de corpos escuros, centros d'attracção, como o effeito indica a causa, como os movimentos uranianos indicavam neptuno.

Póde vir a ser assim tambem o sol um fóco escuro d'attracção.

«Tu findarás tambem; a fria morte
«Alcançará teu carro chammejante:
«Ella te segue e prophetisa a sorte
«N'essas manchas que tollam teu semblante» (68).

O movimento proprio das estrellas indicadas é bastante, como fôra o d'uma só, para mostrar o movimento de todas as outras e finalmente de todos os corpos do universo.

Imagine-se um sol em movimento no meio de muitos em absoluta immobildade. Qual conquistador, que vae invadir os estados estrangeiros, caminha primeiramente com toda a ordem no seu imperio; mas logo nas primeiras fronteiras do mundo vizinho começa a absorver na sua massa de fogo cada um dos planetas e vae entrando no paiz conquistado até devorar o proprio sol no seu trono immovel; ou, guerreiro infeliz, cahe no captiveiro com todo o seu cortejo. Fóco errante do universal incendio, vae destruindo, um por um, cada mundo; ou, victima do seu proprio movimento, vae destruir a harmonia do universo inteiro, como o grão d'areia

(68) A. A. Soares de Passos, *O Firmamento*.

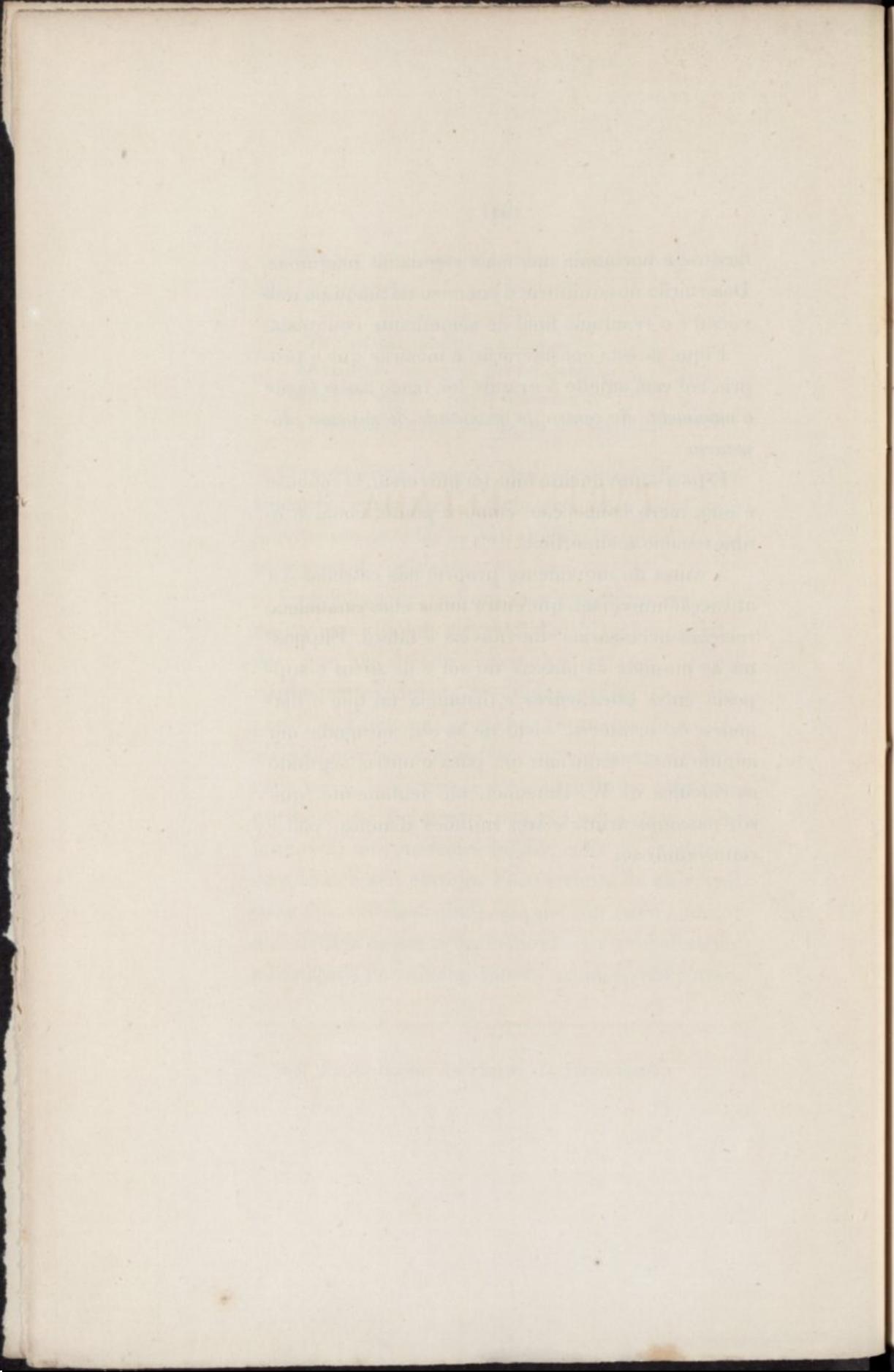
destróe a harmonia das mais reguladas máquinas. Destruição do equilibrio dynamico da máquina universal é o resultado final de semelhante conquista.

Fique já esta consideração a mostrar que o proprio sol está sujeito á grande lei, *tendo assim lugar o movimento do centro de gravidade do systema planetario.*

É pois o movimento uma lei universal. O repouso é uma mera concepção, como o ponto, como a linha e como a superficie.

A causa do movimento proprio das estrellas é a attracção universal, que entre todas ellas estabelece relações necessarias, inevitaveis e fataes. Suppostas as mesmas as massas do sol e de *sirius* e supposta entre estes astros a distancia tal que o diametro da orbiterra, visto de *sirius*, subtenda um angulo de 1'', cahiriam um para o outro, segundo os calculos de W. Herschel, tão lentamente, que só, passados trinta e trez milhões d'annos, poderiam reunir-se.

* * *



PARTE SEGUNDA

Cumpre averiguar se encontraremos
com a lei de economia universal, que se
manifesta em toda a criação.

DR. F. P. DE TORRES COELHO,
O Instituto, vol. 8, pag. 194.

PARTIE SECONDE

Le 17. 7. 1871. Le 17. 7. 1871.
Le 17. 7. 1871. Le 17. 7. 1871.
Le 17. 7. 1871. Le 17. 7. 1871.

CAPITULO PRIMEIRO

A ordem e a economia no universo

Ordem e economia universal como *principios puramente theoreticos*.
A sua realização na natureza. A sua expressão mathematica.

A constituição do universo é a ordem.

Sem a ordem é impossivel o universo, porque sem a ordem é impossivel qualquer systema (1).

Sem a ordem seria o universo um absurdo, se tanto, porque a ordem entra na essencia d'um criador infinito, unico autor possivel do universo (2).

A ordem universal é pois um *principio puramente theoretico*.

Da ordem universal deriva immediatamente a economia universal.

A aniquilação sómente pela aniquilação é a negação absoluta da ordem; é a anarchia. A ordem é então impossivel sem a economia.

(1) Pag. 75.

(2) Pag. 104.

A economia universal é pois um *principio puramente theorico*.

A ordem e a economia são leis das quaes uma é impossivel sem a outra. São a mesma lei.

Principios puramente theoricos dissemos serem a ordem e a economia do universo. E que são taes principios?

São os *principios evidentes em que se apoia o raciocinio nas demonstrações — a priori —, unicas que merecem rigorosamente este nome* (3). Não dependem da observação, nem da experiencia. São as verdades absolutas e eternas, independentes do tempo e do espaço. Subsistem por si. São as verdades que seriam as mesmas sempre, embora não houvesse sentidos que observassem a sua realização, nem razão que *se assenhoreasse d'ellas tão completamente, que não as podesse considerar superiores a si* (4).

Exemplifiquemos.

O todo é maior que qualquer das suas partes;

Duas cousas iguaes a uma terceira são iguaes entre si;

A intersecção de dous planos é uma linha recta;
são *principios puramente theoricos*. Entram na essen-

(3) Pag. 70.

(4) Pag. 70.

cia da razão *pura*. Imaginemos que um poder superior aniquila a razão, fazendo seccar, uma por uma, as fontes todas dos conhecimentos humanos. Não póde ser então explorado o campo da verdade, mas *o todo é maior que qualquer das suas partes*; mas *duas cousas iguaes a uma terceira são iguaes entre si*; mas *a intersecção de dous planos é uma linha recta*. Imaginemos depois que apparece a razão tão só, que não conhece o que se passa fóra d'ella. Não sabe como o universo está organizado; mas sabe que *o todo é maior que qualquer das suas partes*; mas sabe que *duas cousas iguaes a uma terceira são iguaes entre si*; mas sabe que *a intersecção de dous planos é uma linha recta*.

A ordem e a economia universal são principios assim.

* *

A attenção do espirito, ainda o menos philosophico, sente-se attrahida necessariamente pela simplicidade e pela unidade do universo inteiro. E essa simplicidade e essa unidade, manifestadas pela mesma força e pela mesma materia, são os effeitos maravilhosos da ordem e da economia universal.

A observação, em cada folha de cada ramo da grande arvore da sciencia, tem encontrado a rigorosa realização d'estas duas grandes leis.

Prescrute o homem os espaços celestes; attenda a cada movimento que ahi se opéra; desça depois até ao centro da terra, camada por camada; atravesse os organismos todos, desde a célula mais simples até ao vaso mais complexo, nas suas diferentes metamorphoses; sulque o ar em arrojado vôo; profunde os mares com toda a intrepidez; percorra a criação toda, ponto por ponto; não encontrará perdido um atomo sequer, nem o mais livre movimento.

Nem a materia, nem o movimento se perde. Se desaparece aqui, manifesta-se acolá, atravez de transformações as mais variadas. Desapparece o trabalho para apparecer o calor. Este é movimento como aquelle. Emuitas outras transformações assim.

Nem um orgão se observa sem um fim determinado, nem um corpo sem leis rigorosas. Nem um ponto errante, nem um movimento para aniquilar sem produzir.

Eis a estabilidade do universo.

Mostra assim a observação que a razão presidiu á formação de tudo quanto se observa, do universo inteiro.

* * *

A Mathematica, «sciencia cujas raizes penetram «nas mais elevadas regiões da especulação meta-

«physica», (5) é a traducção rigorosa, clara e simples de certos principios da razão.

A *Mathematica Pura* traduz esses principios em si; a *Applicada* traduz-os combinados com a observação e com a experiencia.

É a sciencia por excellencia.

A lei da ordem e da economia universal deve ser expressa por uma fórmula simples e rigorosa. É effectivamente.

Seja m a massa d'um ponto material, pertencente a um systema qualquer, v a sua velocidade, ds o elemento da sua trajectoria e estenda-se o signal Σ a todos os pontos do systema; será nulla a variação infinitamente pequena de $f(\Sigma mv ds)$, isto é,

$$\delta f(\Sigma mv ds) = 0.$$

É o *principio da menor acção*. É a expressão da economia universal.

Em 1744 apresentou Maupertuis este principio, enunciando-o assim: «No movimento dos corpos, que actúam uns sobre os outros, é um minimo a

(5) Dr. José Falcão, *Comparação do methodo teleologico de Wronski com os methodos de Daniel Bernoulli e d'Euler para a resolução numerica das equações.*

«somma dos productos das suas massas pelas velocidades e pelos espaços percorridos.»

Em duas memorias, uma apresentada á Academia das sciencias do Instituto de França em 1744 e outra em 1746 á de Berlin, deduziu Maupertuis d'este principio as leis da reflexão e da refracção da luz e as do choque dos corpos.

Euler depois no seu tratado dos *Isoperimetros* (6) occupou-se d'este principio por uma fórma mais geral e mais rigorosa. Reconheceu no movimento dos corpos isolados a propriedade de que, nas trajectorias descriptas por forças centraes, o integral da velocidade, multiplicada pelo elemento da curva, dá sempre um maximo ou um minimo.

Lagrange estendeu tal propriedade ao movimento dos corpos que actúam uns sobre os outros por uma fórma qualquer, estabelecendo o seguinte principio geral:

«Se, no movimento d'um systema de corpos, em que tem lugar o *principio das forças vivas*, multiplicarmos a massa de cada ponto material do systema pela sua velocidade e pelo elemento da sua

(6) *Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes, sive solutio problematis Isoperimetrici latissimo sensu accepti.*

«trajectoria; se sommarmos os productos analogos
«correspondentes a todos os pontos; e se integrar-
«mos esta somma desde uma dada posição do sys-
«tema até uma outra posição igualmente dada; obte-
«remos um minimo, em geral, para o valor de se-
«melhante integral. Em alguns casos o minimo pôde
«ser substituido por um maximo.»

Lagrange applicou o *principio da menor acção* á resolução de muitos problemas importantes e difficeis da Dynamica (7). Combinando este principio com o *das forças vivas* e desenvolvendo-o segundo as regras do calculo das variações, estabeleceu um meio directo de obter as equações necessarias para a solução de cada problema, chegando ainda a um methodo igualmente simples e geral de tratar as questões relativas ao movimento dos corpos.

Em 1857 apresentou Phillips uma interessante memoria acêrca d'este principio e do *de d'Alembert* nos movimentos *relativos*. A estes movimentos têm sido estendidos muitos dos principios importantes da Mecânica pertencentes aos movimentos *absolutos*, como o *principio das forças vivas*, applicado aos movimentos *relativos* por Coriolis e depois por

(7) *Mémoires de l'Académie Royale des sciences de Turin*, 1760 e 1761.

Sturm, e como os principios de Carnot e de Sturm sobre as variações bruscas das *forças vivas*, produzidas n'um systema de corpos, já por choques, já pela addição ou pela suppressão brusca de certas ligações, principios que foram generalisados e applicados a este genero de movimentos por Phillips.

Partiremos tambem d'este principio para a resolução theorica do nosso problema, guiados por esta memoria de Phillips.

* * *

CAPITULO SEGUNDO

Principio da menor acção nos movimentos *relativos*

Velocidade *absoluta*, *relativa* e *média*. Demonstração do *principio da menor acção* nos movimentos *relativos*.

Esteja um systema de pontos materiaes em movimento e considere-se a velocidade *absoluta* v de cada um d'elles decomposta, por qualquer fórma, em duas, que designaremos por v_r e v_m , sendo aquella sujeita sómente á condição de ser compativel com as ligações do systema no instante considerado; será v_r o que Phillips chama velocidade *relativa* e v_m a velocidade *média*. Uma e outra podem variar d'um ponto para outro e no mesmo ponto, d'um instante para outro.

Fica assim o movimento *absoluto* do systema decomposto evidentemente em dous movimentos elementares, cada um correspondente a cada um dos dous grupos de velocidades, *relativas* e *médias*; pois

considerar o movimento *absoluto* como o resultado dos deslocamentos infinitamente pequenos de todos os pontos materiaes, operados isoladamente e devidos ás componentes v_r e v_m , cada um a cada uma, equival a consideral-o como simples effeito das velocidades *absolutas*. É claro que se obtem cada um d'estes grupos de velocidades pela abstracção do outro.

Estas considerações são simplificadas ainda pelas condições que, em geral, se realizam nas applicações; pois por ellas ficam as velocidades *médias* sujeitas á condição de serem compatíveis com a hypothese da solidificação absoluta do systema no instante considerado.

Fica sendo assim o movimento *médio*, em cada instante, o d'um corpo solido, cuja figura póde e até, em geral, deve variar, em cada instante, por causa do movimento *relativo*. Cada deslocamento infinitamente pequeno no movimento *médio* pode assim decompor-se, por muitas fórmas, em dous, um de translação commum a todos os pontos e outro de rotação.

Esta hypothese fornece um meio extremamente simples de considerar sómente o movimento *relativo*. Suppõe-se primeiramente em cada instante que, em quanto os pontos materiaes vão operando os seus deslocamentos *médios* infinitamente peque-

nos, formando um corpo solido, os eixos coordenados estão invariavelmente ligados com elles; e consideram-se depois estes eixos independentes dos pontos materiaes e absolutamente immoveis, enquanto o systema vae effectuando os movimentos infinitamente pequenos devidos ás velocidades *relativas*. Movem-se assim os eixos continuamente como um corpo solido e consequentemente devem suppor-se dotados d'um movimento de translação e d'outro de rotação, movimentos que podem variar em cada instante.

O movimento *absoluto* determina-se facilmente por todas estas considerações.

* *

Vamos demonstrar o *principio da menor acção* nos movimentos *relativos*.

Usaremos da notação de Phillips, por ser muito simples e clara, marcando com o indice r todas as quantidades que se referem ao movimento *relativo* e com o indice m as que se referem ao *médio*.

Seja m a massa d'um ponto material qualquer, ds_r o elemento da sua trajectoria no movimento *relativo*, v_r a sua velocidade *relativa*, x_r , y_r e z_r as suas tres coordenadas relativamente aos eixos moveis (coordenadas *relativas*), X_1 , Y_1 , e Z_1 , as tres

componentes, paralelas a estes eixos, da força motriz correspondente a este ponto, X_m , Y_m e Z_m as tres componentes, paralelas aos mesmos eixos, da força necessaria para dar a este ponto, se estivesse livre, o movimento *médio*, e procuremos entre duas posições dadas do systema a variação

$$\delta f(\Sigma m v_r \delta s_r),$$

em que o signal Σ se estende a todos os pontos do systema, determinando-a relativamente a todas as outras trajectorias infinitamente vizinhas das que na realidade têm lugar e que vão terminar nas mesmas extremidades.

Pelas regras conhecidas do calculo das variações teremos

$$\delta f(\Sigma m v_r ds_r) = f \delta(\Sigma m v_r ds_r)$$

ou,

$$f(\Sigma . m v_r \delta ds_r + \Sigma . m ds_r \delta v_r)$$

$$= f(\Sigma . m v_r \delta ds_r + \Sigma . m dt v_r \delta v_r) \dots \dots \dots (a)$$

por ser

$$ds_r = v_r dt \dots \dots \dots (b),$$

em que dt representa o elemento do tempo.

Da fórmula bem conhecida

$$ds_r^2 = dx_r^2 + dy_r^2 + dz_r^2$$

deduz-se

$$\delta ds_r = \frac{dx_r}{ds_r} \delta dx_r + \frac{dy_r}{ds_r} \delta dy_r + \frac{dz_r}{ds_r} \delta dz_r.$$

Attendendo a (a) e a (b) e substituindo

$$\delta dx_r, \delta dy_r \text{ e } \delta dz_r$$

por

$$d\delta x_r, d\delta y_r \text{ e } d\delta z_r,$$

teremos facilmente

$$\Sigma .mv_r \delta ds_r = \Sigma .m \left(\frac{dx_r}{dt} d\delta x_r + \frac{dy_r}{dt} d\delta y_r + \frac{dz_r}{dt} d\delta z_r \right). \quad (c)$$

O principio das forças vivas nos movimentos relativos dá

$$\frac{1}{2} d . \Sigma mv_r^2 = \Sigma \{ (X_1 - X_m) dx_r + (Y_1 - Y_m) dy_r + (Z_1 - Z_m) dz_r \}.$$

Suppondo que o segundo membro d'esta relação é uma differencial exacta d'uma funcção φ das coordenadas *relativas* dos pontos do systema, $x_r, y_r, z_r, x'_r, y'_r, z'_r$, etc., teremos

$$X_1 - X_m = \frac{d\varphi}{dx_r}, \quad Y_1 - Y_m = \frac{d\varphi}{dy_r}, \quad Z_1 - Z_m = \frac{d\varphi}{dz_r},$$

etc., ou

$$\frac{1}{2} d.\Sigma m v_r^2 = \Sigma \left(\frac{d\varphi}{dx_r} dx_r + \frac{d\varphi}{dy_r} dy_r + \frac{d\varphi}{dz_r} dz_r \right) = d\varphi,$$

e, pela integração,

$$\frac{1}{2} \Sigma m v_r^2 = k^2 + \varphi,$$

em que k^2 é uma constante.

Fazendo variar os dous membros d'esta ultima relação, obteremos

$$\begin{aligned} \Sigma m v_r \delta v_r = \delta \varphi = \Sigma \{ (X_1 - X_m) \delta x_r \\ + (Y_1 - Y_m) \delta y_r + (Z_1 - Z_m) \delta z_r \}, \end{aligned}$$

por ser k^3 independente do signal δ , e, multiplicando por dt ,

$$\begin{aligned} \Sigma . m dt v_r \delta v_r = & \Sigma \{ dt (X_1 - X_m) \delta x_r \\ & + dt (Y_1 - Y_m) \delta y_r + dt (Z_1 - Z_m) \delta z_r \} \dots (d) \end{aligned}$$

Substituindo em (a) os valores (c) e (d), para o que tratámos d'obtel-os, recorrendo á integração por partes para fazer sahir do signal f os termos multiplicados por $d\delta x_r$, $d\delta y_r$, $d\delta z_r$,, e não mettendo em conta os termos que assim ficam fóra do signal f , termos que são nullos por estarem multiplicados por δx_r , δy_r , δz_r teremos

$$\begin{aligned} \delta f (\Sigma m v_r ds_r) = & \\ \int \left[-\Sigma . m \left(d \frac{dx_r}{dt} \delta x_r + d \frac{dy_r}{dt} \delta y_r + d \frac{dz_r}{dt} \delta z_r \right) \right. & \\ & + \Sigma dt \{ (X_1 - X_m) \delta x_r + (Y_1 - Y_m) \delta y_r \\ & \left. + (Z_1 - Z_m) \delta z_r \} \right] \dots \dots \dots (e) \end{aligned}$$

Designando por X , Y e Z as componentes, pa-

rallelas aos eixos moveis, da força capaz de dar ao ponto m , se estivesse livre, o seu movimento *absoluto*, poderemos substituir em (e)

$$\Sigma (X_1 \delta x_r + Y_1 \delta y_r + Z_1 \delta z_r)$$

por

$$\Sigma (X \delta x_r + Y \delta y_r + Z \delta z_r).$$

Consideremos agora as componentes X_r , Y_r e Z_r , correspondentes aos movimentos *relativos*, e as componentes X_n , Y_n e Z_n , parallelas ao eixos moveis, d'uma força ficticia (7), cuja direcção é perpendicular á velocidade *relativa* do ponto m e ao eixo instantaneo de rotação, componentes dadas pelas equações

$$\left. \begin{aligned} X_n &= 2m \left(\omega' \frac{dz_r}{dt} - \omega'' \frac{dy_r}{dt} \right) \\ Y_n &= 2m \left(\omega'' \frac{dx_r}{dt} - \omega \frac{dz_r}{dt} \right) \\ Z_n &= 2m \left(\omega \frac{dy_r}{dt} - \omega' \frac{dx_r}{dt} \right) \end{aligned} \right\} \dots (f),$$

(7) Coriolis deu a esta força o nome de *força centrifuga composta*.

em que ω , ω' e ω'' representam as velocidades angulares elementares de rotação ao redor dos eixos moveis dos x , dos y e dos z .

Segundo um theorema demonstrado por Coriolis (8), teremos

$$X = X_r + X_m + X_n$$

$$Y = Y_r + Y_m + Y_n$$

$$Z = Z_r + Z_m + Z_n.$$

Attendendo ainda ás relações bem conhecidas

$$X_r dt = md \frac{dx_r}{dt}, Y_r dt = md \frac{dy_r}{dt} \text{ e } Z_r dt = md \frac{dz_r}{dt},$$

reduziremos a expressão (e) a

$$\int [\delta(\Sigma mv_r ds_r) - \Sigma dt (X_n \delta x_r + Y_n \delta y_r + Z_n \delta z_r)] = 0.. (g).$$

(8) *Traité de la Mécanique des corps solides*, cap. 1.º, n.º 29.

Eis a traducção analytica do *principio da menor acção* nos movimentos *relativos*.

Conclue-se pois que a condição necessaria e sufficiente para que o *principio da menor acção* se verifique no movimento *relativo*, como no *absoluto*, é

$$\Sigma (X_n \delta x_r + Y_n \delta y_r + Z_n \delta z_r) = 0;$$

isto é, que, considerando-se possiveis sómente os deslocamentos *relativos*, as ligações do systema devem estabelecer equilibrio entre as *forças centrifugas compostas* $X_n, Y_n, Z_n, X'_n, \dots$. Realiza-se tal condição, por exemplo, quando os eixos moveis têm apenas um movimento de translação paralelo a si proprios; pois que são nullas então as velocidades angulares ω, ω' e ω'' e conseguintemente $X_n, Y_n, Z_n, X'_n, \dots$ (9). Realiza-se ainda, quando os diversos pontos materiaes estão sujeitos a ficar n'um plano dotado d'um movimento de rotação uniforme ao redor d'um eixo paralelo a si proprio, tomando-se para movimento *relativo* o que tem lugar em tal plano; pois as forças ficticias cujas componentes

(9) Relações (f).

são $X_n, Y_n, Z_n, X'_n, \dots$, em tal caso são perpendiculares a este plano e conseguintemente é

$$\Sigma (X_n \delta x_r + Y_n \delta y_r + Z_n \delta z_r) = 0.$$

Em resumo, as condições necessárias e suficientes para o *principio da menor acção* ter lugar nos movimentos *relativos* são as seguintes, estabelecidas por Phillips:

1.º que haja compatibilidade, em cada instante, das velocidades *relativas* de cada ponto com as ligações do systema e das velocidades *médias* com a hypothese da solidificação absoluta do systema n'esse instante;

2.º que os eixos moveis participem contínua e unicamente do movimento *médio*;

3.º que seja a differencial exacta d'uma funcção das coordenadas *relativas* dos differentes pontos do systema o trabalho elementar, tomado no movimento *relativo*, das forças motrizes que na realidade actúam sobre o systema e de forças iguaes e directamente oppostas ás que seriam necessarias para dar a cada ponto, no caso de ser livre, o movimento *médio*;

4.º e finalmente que haja equilibrio entre as *forças centrifugas compostas*, considerando-se sómente

como possíveis os deslocamentos *relativos* dos pontos, isto é, juntando novas ligações que tornem impossível qualquer movimento *médio*.

É de notar que, se d'estas quatro condições forem verificadas apenas as tres primeiras, subsistirá sempre a equação (g); mas não terá lugar o *principio da menor acção*.

De tudo quanto deixámos dicto póde concluir-se que o *principio da menor acção* nos movimentos *relativos* póde enunciar-se assim:

«Entre duas posições dadas do systema, o integral da somma dos productos das massas dos diferentes pontos materiaes pela sua velocidade *relativa* e pelo elemento da sua trajectoria no movimento *relativo* é um maximo ou um minimo».

A relação (b) permite substituir este enunciado pelo seguinte:

«Entre duas posições dadas, o systema gasta a maior ou menor quantidade possível de *força viva relativa*.»

Este principio conduz a fórmulas proprias para mostrar directamente o movimento *relativo* d'um systema de pontos materiaes sem considerar-se o movimento *absoluto*. O methodo de obtel-as consiste em partir da relação

$$\int \delta (\Sigma m v_r ds_r) = 0$$

e desenvolver, pelas regras do calculo das variações, a parte contida debaixo do signal f em termos multiplicados por $\delta x_r, \delta y_r, \delta z_r, \dots$. No caso de serem livres os pontos, igualaremos separadamente a zero os coefficients das variações de cada coordenada *relativa*, e assim obteremos o numero d'equações necessarias. No caso de ligações representadas por certas relações entre as coordenadas *relativas*, fazendo variar estas, obteremos equações entre $\delta x_r, \delta y_r, \dots$; igualando depois a zero os coefficients das variações das coordenadas que ficarem arbitrarías e considerando tambem as equações de condição, teremos o numero de relações necessarias para determinar o movimento *relativo*.

Se apenas forem verificadas as tres primeiras das condições necessarias e sufficientes para ter lugar o *principio da menor acção* no movimento *relativo*, obteremos este, desenvolvendo a quantidade contida debaixo do signal f em termos multiplicados por $\delta x_r, \delta y_r, \delta z_r, \dots$.

Vejamos agora as consequencias a que este principio conduz acêrca do systema planetario.

* * *

CAPITULO TERCEIRO

O systema planetario em si

Vamos considerar o systema planetario *em si*, isto é, abstrahindo da acção das estrellas. É uma primeira approximação, que consiste em reduzir para nós o universo ao systema planetario.

Segundo o que dissemos no lugar competente (11), o systema planetario é um systema dynamico composto de muitos corpos livres, na hypothese estabelecida, e que actúam uns sobre os outros por forças d'attracção mútua, funcções das suas distancias respectivas.

Procuremos assim o movimento do centro de gravidade d'este systema relativamente a eixos coordenados *que estejam animados d'um movimento de translação rectilíneo e uniforme.*

(11) Parte 1.^a, cap. 1.^o

Facil é vêr que a este movimento *relativo* é applicavel o *principio da menor acção*; pois verificam-se todas as condições necessarias e sufficientes (12).

Para maior simplicidade não nos occuparemos explicitamente do movimento *absoluto*, porque é sufficiente considerar o *relativo*.

Sejam m, m', m'', m''', \dots as massas dos corpos que compoem o systema e conservemos as notações todas do capitulo precedente, supprimindo apenas o indice r , por inutil.

A fórmula do *principio da menor acção* é

$$\int \delta(mvds + m'v'ds' + m''v''ds'' + \dots) = 0$$

ou

$$\begin{aligned} & \int (mvd\delta s + m'v'd\delta s' + m''v''d\delta s'' + \dots + \\ & + mds\delta v + m'ds'\delta v' + m''ds''\delta v'' + \dots) = 0, \end{aligned}$$

que, por um processo identico ao que seguimos na demonstração do *princípio da menor acção* nos movimentos *relativos*, transforma-se em

$$\int \left[-m \left(d \frac{dx}{dt} \delta x + d \frac{dy}{dt} \delta y + d \frac{dz}{dt} \delta z \right) \right. \\
- m' \left(d \frac{dx'}{dt} \delta x' + d \frac{dy'}{dt} \delta y' + d \frac{dz'}{dt} \delta z' \right) \\
- m'' \left(d \frac{dx''}{dt} \delta x'' + d \frac{dy''}{dt} \delta y'' + d \frac{dz''}{dt} \delta z'' \right) \\
- \dots \\
\left. + dt(mv\delta v + m'v'\delta v' + m''v''\delta v'' + \dots) \right] = 0 \quad (h).$$

Substituamos agora a parte

$$dt(mv\delta v + m'v'\delta v' + m''v''\delta v'' + \dots)$$

por uma funcção equivalente, em que as variações $\delta v, \delta v', \delta v'', \dots$ sejam substituidas pelas variações das coordenadas. Consideremos para isto as acções mútuas dos corpos e as distancias correspondentes, representando estas por r, r', r'', \dots , r_1, r'_1, r''_1, \dots e aquellas, referidas á unidade da massa, por f, f', f'', \dots , f_1, f'_1, f''_1, \dots . Teremos n'este caso

$$\frac{1}{2}d(mv^2 + m'v'^2 + m''v''^2 + \dots) = -mm'fdr -$$

$$-mm''f_1dr_1 - \dots -m'm''f_1dr_1 - \dots$$

Como f, f', f'', \dots são funcções respectiva-

mente de r, r', r'', \dots , teremos

$$m v \delta v + m' v' \delta v' + m'' v'' \delta v'' + \dots = -mm' f \delta r$$

$$-mm'' f' \delta r' - \dots -m'm'' f_1 \delta r_1 - \dots$$

Substituindo este valor em (h) e trocando os signaes todos, teremos

$$\int \left[m \left(\frac{dx}{dt} \delta x + d \frac{dy}{dt} \delta y + d \frac{dz}{dt} \delta z \right) \right. \\ \left. + m' \left(d \frac{dx'}{dt} \delta x' + d \frac{dy'}{dt} \delta y' + d \frac{dz'}{dt} \delta z' \right) \right. \\ \left. + m'' \left(d \frac{dx''}{dt} \delta x'' + d \frac{dy''}{dt} \delta y'' + d \frac{dz''}{dt} \delta z'' \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
 &+ \dots\dots\dots \\
 &+ dt(mm'f\delta r + mm''f'\delta r' + \dots\dots\dots \\
 &+ m'm''f_i\delta r_i + \dots\dots\dots)] = 0 \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

As distancias dos corpos, $r, r', r'', \dots, r_i, r'_i, r''_i, \dots$, são funções das coordenadas e conseguintemente teremos

$$dr = a dx + b dy + c dz + k dx' + \dots\dots\dots$$

$$dr' = a' dx + b' dy + c' dz + k' dx' + \dots\dots\dots$$

$$\delta r = a \delta x + b \delta y + c \delta z + k \delta x' + \dots\dots\dots$$

$$\delta r' = a' \delta x + b' \delta y + c' \delta z + k' \delta x' + \dots\dots\dots$$

.....

e outras equações assim que exprimem $\delta r, \delta r', \dots$
em $\delta x, \delta y, \delta z, \delta x', \delta y', \delta z', \dots$

Substituindo estes valores de $\delta r, \delta r', \dots$ em
(i), obteremos uma equação cujos termos serão mul-
tiplicados todos pelas variações das coordenadas.
Como os corpos m, m', m'', \dots estão inteira-
mente livres no espaço e consequentemente as va-
riações das suas coordenadas são independentes
todas, umas das outras, obteremos, para cada um
d'elles, as tres equações necessarias para determi-
nar o seu movimento *relativo*, se igualarmos sepa-
radamente a zero os coefficients das variações cor-
respondentes. Teremos assim

$$d \frac{dx}{dt} + dt(m'fa + m''f'a' + \dots) = 0$$

ou

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \Pi = 0,$$

representando Π a quantidade $m'fa + m''f'a' + \dots$

Pela mesma fórmula teremos

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \Phi = 0$$

e

$$\frac{d^2z}{dt^2} + \Psi = 0$$

e, para os outros pontos,

$$\frac{d^2x'}{dt^2} + \Pi' = 0,$$

$$\frac{d^2y'}{dt^2} + \Phi' = 0,$$

$$\frac{d^2z'}{dt} + \Psi' = 0$$

.....

em que $\Pi, \Phi, \Psi, \Pi', \Phi', \Psi', \dots$ são evidentemente funções das coordenadas.

As sommas

$$m\Pi + m'\Pi' + m''\Pi'' + \dots$$

$$m\Phi + m'\Phi' + m''\Phi'' + \dots$$

$$m\Psi + m'\Psi' + m''\Psi'' + \dots$$

compoem-se de termos iguaes, dous a dous, e de signaes contrarios e consequentemente são identicamente nullas. Teremos assim

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} + m' \frac{d^2 x'}{dt^2} + m'' \frac{d^2 x''}{dt^2} + \dots &= \Sigma m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \\ m \frac{d^2 y}{dt^2} + m' \frac{d^2 y'}{dt^2} + m'' \frac{d^2 y''}{dt^2} + \dots &= \Sigma m \frac{d^2 y}{dt^2} = 0 \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} + m' \frac{d^2 z'}{dt^2} + m'' \frac{d^2 z''}{dt^2} + \dots &= \Sigma m \frac{d^2 z}{dt^2} = 0 \end{aligned} \right\} (k)$$

ou, representando por x_i , y_i e z_i , as coordenadas do centro de gravidade do systema no movimento *relativo*,

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} = 0$$

$$\frac{d^2 y_i}{dt^2} = 0$$

$$\frac{d^2 z_i}{dt^2} = 0$$

Integrando duas vezes, teremos

$$x_i = pt + p_i, \quad y_i = qt + q_i, \quad \text{e} \quad z_i = st + s_i$$

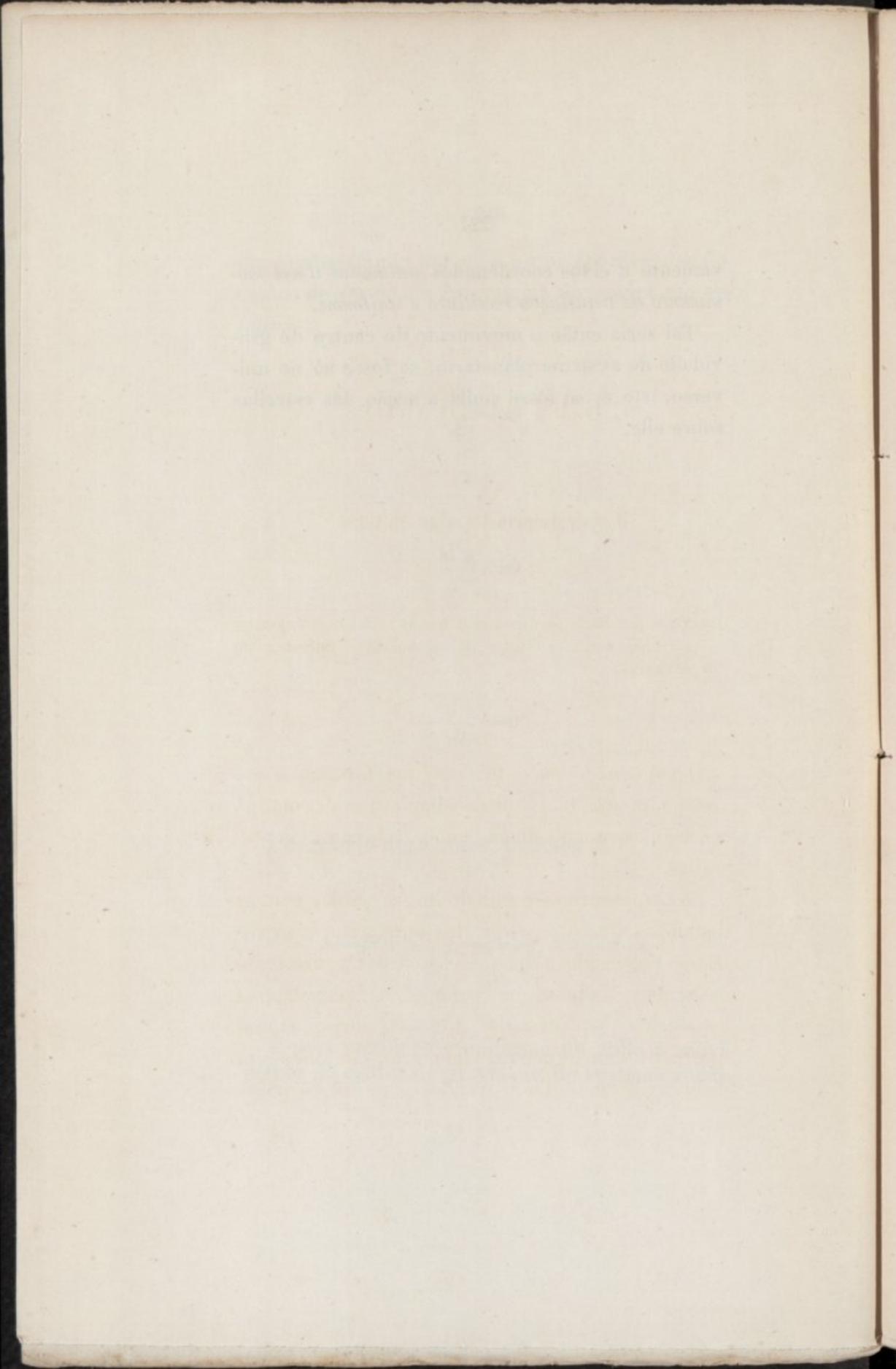
É pois rectilíneo e uniforme ou nullo o movimento do centro de gravidade do systema relati-

vamente a eixos coordenados *animados d'um movimento de translação rectilíneo e uniforme.*

Tal seria então o movimento do centro de gravidade do systema planetario, se fosse só no universo, isto é, se fosse nulla a acção das estrellas sobre elle.

• •

• •



CAPITULO QUARTO

O systema planetario no universo

O systema planetario formando com muitas estrellas um systema d'ordem superior. Acção unica do centro d'estes systemas sobre o planetario.

O sol com todos os corpos que formam o seu cortejo, opacos uns e outros diaphanos, é, como já mostrámos, um systema como cada uma das estrellas.

Se compararmos o raio do imperio solar com as distancias que o separam dos outros imperios celestes, notaremos que aquelle systema figura entre estes como se fosse um corpo só. Os planetas, os satellites e os planetoides, todos os corpos emfim que constituem o systema planetario, são, por assim dizer, moleculas d'um grande corpo, cujos póros

são as distancias entre esses corpos. E na realidade que vem a ser o numero

30,03697 (12)

comparado com o numero

206265 (13)?

Note-se ainda que taes numeros representam casos extremos.

N'estas circumstancias podemos muito logicamente considerar o sol e muitas das estrellas conio um systema de muitos corpos livres que actúam uns sobre os outros (14), abstrahindo da acção que sobre elles possam exercer outros systemas tão distantes, que as distancias d'elles áquelle estejam para as distancias mútuas das estrellas d'aquelle como estas distancias estão para as que separam,

(12) Pag. 82.

(13) Pag. 180.

(14) Pag. 157, 167, 182 e 191.

uns dos outros, os differentes corpos do systema planetario.

Podemos ainda muito logicamente presumir a existencia d'um grande corpo que seja o centro d'este systema immenso e para que gravitem outros systemas como o planetario.

Sejam assim m, m', m'', \dots as massas do systema planetario e de cada um dos outros que constituem com elle um systema d'ordem superior, conservemos as notações do capitulo precedente e procuremos n'este o movimento de cada um d'estes systemas relativamente a eixos coordenados animados d'um movimento de translação rectilineo e uniforme.

É claro que as equações do capitulo precedente são applicaveis ao problema de que agora nos occupamos. Recorreremos a ellas.

Integrando duas vezes as equações (k), teremos

$$\left. \begin{aligned} mx + m'x' + m''x'' + \dots &= \Sigma mx = at + a_1 \\ my + m'y' + m''y'' + \dots &= \Sigma my = bt + b_1 \\ mz + m'z' + m''z'' + \dots &= \Sigma mz = ct + c_1 \end{aligned} \right\} (l),$$

sendo a, b, c, a_1, b_1, c_1 constantes.

Facilmente obteremos mais tres integraes do problema, pois facilmente chegaremos ás identidades

$$m(\Pi y - \Phi x) + m'(\Pi' y' - \Phi' x') + m''(\Pi'' y'' - \Phi'' x'') + \dots = 0$$

$$m(\Psi x - \Pi z) + m'(\Psi' x' - \Pi' z') + m''(\Psi'' x'' - \Pi'' z'') + \dots = 0$$

$$m(\Phi z - \Psi y) + m'(\Phi' z' - \Psi' y') + m''(\Phi'' z'' - \Psi'' y'') + \dots = 0,$$

donde resulta

$$m \left(y \frac{d^2 x}{dt^2} - x \frac{d^2 y}{dt^2} \right) + m' \left(y' \frac{d^2 x'}{dt^2} - x' \frac{d^2 y'}{dt^2} \right)$$

$$+ m'' \left(y'' \frac{d^2 x''}{dt^2} - x'' \frac{d^2 y''}{dt^2} \right) + \dots = 0$$

$$m \left(x \frac{d^2 z}{dt^2} - z \frac{d^2 x}{dt^2} \right) + m' \left(x' \frac{d^2 z'}{dt^2} - z' \frac{d^2 x'}{dt^2} \right)$$

$$+ m'' \left(x'' \frac{d^2 z''}{dt^2} - z'' \frac{d^2 x''}{dt^2} \right) + \dots = 0$$

$$\begin{aligned}
 & m \left(z \frac{d^2 y}{dt^2} - y \frac{d^2 z}{dt^2} \right) + m' \left(z' \frac{d^2 y'}{dt^2} - y' \frac{d^2 z'}{dt^2} \right) + \\
 & + m'' \left(z'' \frac{d^2 y''}{dt^2} - y'' \frac{d^2 z''}{dt^2} \right) + \dots = 0.
 \end{aligned}$$

Integrando estas equações uma vez, teremos

$$\left. \begin{aligned}
 & m \left(y \frac{dx}{dt} - x \frac{dy}{dt} \right) + m' \left(y' \frac{dx'}{dt} - x' \frac{dy'}{dt} \right) \\
 & + m'' \left(y'' \frac{dx''}{dt} - x'' \frac{dy''}{dt} \right) + \dots = g \\
 & m \left(x \frac{dz}{dt} - z \frac{dx}{dt} \right) + m' \left(x' \frac{dz'}{dt} - z' \frac{dx'}{dt} \right) \\
 & + m'' \left(x'' \frac{dz''}{dt} - z'' \frac{dx''}{dt} \right) + \dots = g_1
 \end{aligned} \right\} \dots (m),$$

$$\left. \begin{aligned} & m \left(z \frac{dy}{dt} - y \frac{dz}{dt} \right) + m' \left(z' \frac{dy'}{dt} - y' \frac{dz'}{dt} \right) \\ & + m'' \left(z'' \frac{dy''}{dt} - y'' \frac{dz''}{dt} \right) + \dots = g_2 \end{aligned} \right\} \dots (m),$$

em que g , g_1 e g_2 são constantes.

Attendendo bem á equação (i), chegaremos muito facilmente ao septimo integral

$$\left. \begin{aligned} & m \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2} + m' \frac{dx'^2 + dy'^2 + dz'^2}{dt^2} \\ & + m'' \frac{dx''^2 + dy''^2 + dz''^2}{dt^2} + \dots \end{aligned} \right\} \dots (n),$$

$$= k_i^2 - 2mm'fdr - 2mm''f'f'dr' - \dots,$$

em que k_i^2 é uma constante e em que são possíveis as integrações indicadas no segundo membro, pois f é funcção de r , f' de r' , e assim successivamente.

Como o centro de gravidade do systema tem

um movimento rectilíneo e uniforme (15), podemos tomal-o para origem das coordenadas, sendo então nullas as constantes a , b , c , a_1 , b_1 e c_1 , das equações (l).

Este processo conduz directamente ás equações do movimento d'um numero qualquer de corpos, sujeitos ás suas attracções mútuas, sendo estas suppostas funcções das suas distancias respectivas, relativamente ao centro commum de gravidade considerado fixo.

* *
*

Considerando agora sómente o systema planetario, que designaremos por m , e o grande corpo, centro do systema de ordem superior, que designaremos por m' , e admittindo que a attracção entre elles siga a lei directa das massas e a inversa do quadrado da distancia, integraremos facilmente as equações do problema e descobriremos que assim seria uma secção cónica a trajectoria do systema planetario.

Na realidade os 7 integraes (l), (m) e (n) são em tal caso

$$mx + m'x' = 0$$

$$my + m'y' = 0$$

$$mz + m'z' = 0$$

$$m (ydx - xdy) + m' (y'dx' - x'dy') = gdt$$

$$m (xdz - zdx) + m' (x'dz' - z'dx) = g_1 dt$$

$$m (zdy - ydz) + m' (z'dy' - y'dz') = g_2 dt$$

$$m \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{dt^2} + m' \frac{dx'^2 + dy'^2 + dz'^2}{dt^2} =$$

$$k_1^2 - 2mm' \int \frac{d\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}}{(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2}.$$

Substituindo nos ultimos quatro d'estes integraes os valores de x' , de y' e de z' , deduzidos dos tres primeiros, teremos

$$\frac{m}{m'} (m+m') (ydx - xdy) = gdt$$

$$\frac{m}{m'} (m+m') (xdz - zdx) = g_1 dt$$

$$\frac{m}{m'} (m+m') (zdy - ydz) = g_2 dt$$

$$\frac{m}{m'} (m+m') \frac{dx^2+dy^2+dz^2}{dt^2}$$

$$=k_i^2 - 2 \frac{mm'^2}{m+m'} \int \frac{d\sqrt{x^2+y^2+z^2}}{x^2+y^2+z^2},$$

equações que mostram que o movimento *relativo* do systema planetario é o mesmo que o movimento

absoluto d'um corpo, cuja massa seja $\frac{m}{m'} (m+m')$,

attrahido continuamente para a origem das coordenadas, considerada fixa, por uma força que esteja na razão inversa do quadrado da distancia á origem e que, referida á unidade da massa, tenha

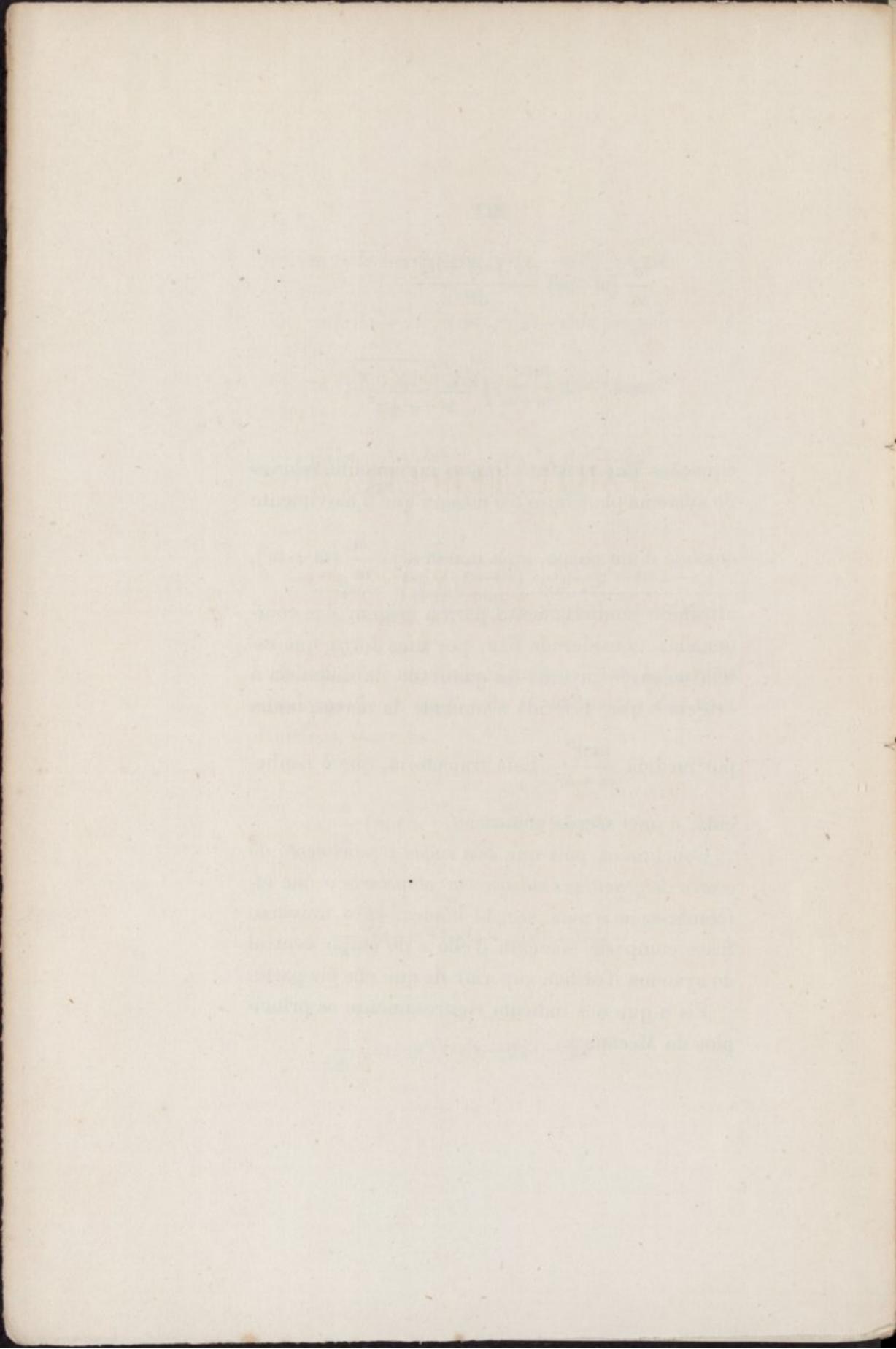
por medida $\frac{mm'^2}{m+m'}$. Esta trajectoria, que é conhecida,

é uma secção cónica.

Concluimos pois que *tem lugar o movimento do centro de gravidade do systema planetario* e que effectuar-se-ia n'uma secção cónica, se o universo fosse composto sómente d'elle e do corpo central do systema d'ordem superior de que elle faz parte.

Eis o que nos indicam rigorosamente os principios da Mecânica.

* *



PARTE TERCEIRA

Faudra-t-il aussi 5000 ans pour admettre la marche du soleil comme pour l'admission de celle de la terre?

E. G. FAHRNER.

CAPITULO PRIMEIRO

Translação do systema planetario

Traços historicos. Translação do sol como consequencia da sua rotação. Observações das constellações d'*hercules*, da *lebre* e do *cysne*. Precessão dos equinoxios e mudança da direcção do eixo de cada corpo do systema planetario.

Concepções mais ou menos elevadas, conjecturas mais ou menos verosimeis, inducções mais ou menos seguras e arrojados d'uma imaginação mais ou menos viva eram os unicos capitulos da sciencia acêrca da translação solar antes de W. Herschel, capitulos escriptos por Fontenelle, Bradley, Tobie Mayer, Lambert e Lalande. E nada mais.

Nem admira. Os genios de Copernico, Képler, Galileu e Newton não podiam voar até á translação solar atravez das cerradas nuvens da ignorancia dos seus seculos. Eram-lhes necessarios todo o tempo e todo o trabalho para descobrirem

e mostrarem depois o systema planetario com as suas leis *internas* e não é de admirar então que não transpозessem as suas fronteiras para se occuparem das *externas*. Os esforços de Copernico e Galileu foram-lhes necessarios todos para firmarem o sol no trono que lhe havia destinado a natureza. Os genios de Képler e Newton consumiram as suas vidas na descoberta do código planetario.

Nem ainda admira que essas concepções, essas conjecturas, essas induções e esses arrojões d'imaginação durassem algum tempo sem progredirem. As ideias têm tambem um periodo embryonario. Antes de Newton mostrar que a attracção chegava até á lua, havia descoberto já a grande lei n'um fructo que *cahia* d'uma arvore.

De Fontenelle e Bradley já fallámos (1); restamos apontar as ideias de Tobie Mayer, Lambert e Lalande, para esboçar os traços historicos d'este assumpto até W. Herschel. Em seguida teremos de apresentar os resultados dos trabalhos do célebre astrónomo de Georges 3.^o de Inglaterra, de Bessel, d'Argelander, de Lundahl, de Otto Struve, de Galloway e de Mædler. Tentar mais seria loucura. Pelo menos o mérito do conhecimento das

(1) Pag. 184 e 185.

nossas forças e um tributo de homenagem aos trabalhos d'esses grandes homens.

Dizia Mayer que podiam explicar-se alguns dos movimentos observados nas estrellas, ou suppondo-as moveis no espaço, ou admittindo que o sol com todos os seus planetas muda ahi de posição. Esta notabilidade astronómica do seculo passado ainda acrescentava que n'esta ultima hypothese deviam ir augmentando gradualmente as dimensões das constellações para que o sol se dirigisse, tendo lugar o phenomeno contrario nas constellações de que elle se afastasse, como acontece n'uma floresta, em que *parecem* crescer e desviar-se, umas das outras, as arvores de que nos vamos approximando e diminuir e unir-se aquellas de que nos vamos desviando. Eis o germen dos trabalhos de W. Herschel.

Segundo escreveu Mérian em 1770, entendia Lambert que o deslocamento apparente das estrellas depende tanto do movimento do sol, como do seu movimento proprio, lembrando que esta circumstancia podia conduzir ao conhecimento da região do céo para que se dirigisse o sol. Eis as ideias que guiaram Argelander, Lundahl, Otto Struve, Galloway e Mædler.

W. Herschel acolheu com enthusiasmo as ideias

de Lalande, para quem a translação do sol era consequencia da sua rotação.

Vamos considerar com outras, uma por uma, estas ideias, que, se não têm o character da certeza absoluta, têm o d'uma probabilidade immensa.

* *
*

Desde mercurio até neptuno, em todo o imperio solar, o movimento de rotação é acompanhado sempre pelo de translação no espaço. Todos os planetas, todos os satellites, todos os corpos emfim do nosso systema obedecem a esta grande lei.

Além das fronteiras planetarias é tão provavel o movimento de translação como o de rotação (2).

Conclúe-se assim, por uma analogia infinitamente provavel, que as ideias de Lalande são muito rigorosas, tanto, pelo menos, quanto podem ser questões de tal ordem. É assim muito provavel a translação do sol, porque é certa a sua rotação, *tendo assim lugar o movimento do centro de gravidade do systema planetario.*

Já que fallámos d'uma analogia, lembremos as

(2) Pag. 167, 182 e seguintes.

que notámos entre o sol e os planetas (3), analogias que tornam muito verosimil uma analogia completa. Lembremos ainda as que se dão entre o sol e as estrellas (4).

A rotação solar conduz mais longe ainda. Quando um corpo gyra ao redor d'um eixo, que não é fixo, é infinitamente provavel a sua translação no espaço; porque, para ter lugar aquelle movimento sem este, seria necessario que fosse dirigida para o centro de gravidade d'esse corpo a resultante de todas as forças que produziram a rotação e é infinitamente mais provavel que essa resultante fosse dirigida para um outro ponto qualquer, do que para o centro de gravidade. O gráo d'esta probabilidade cresce ainda com os trabalhos de J. Bernoulli. Na hypothese de serem a terra, marte e a lua corpos *sphericos* e *homogeneos*, calculou J. Bernoulli por meio das velocidades de rotação e de translação d'estes astros o ponto por que, no começo das cousas, devia ter passado a força d'impulsão necessaria para dar-lhes taes movimentos. Em semelhante hypothese deu o calculo para ponto d'impulsão um ponto differente do centro de gra-

(3) Pag. 133.

(4) Pag. 163, 181 e outras.

vidade; para o nosso planeta, por exemplo, deu entre estes dous pontos a distancia de 40 kilometros (5). Notemos finalmente que o sol não é um corpo homogeneo e que, em virtude da propria rotação, é muito provavel o seu achatamento, apesar de não ter sido possivel determiná-lo porque cada ponto do seu equador percorre mais de 112000 kilometros n'um minuto, enquanto que n'esse tempo a zona equatorial da terra percorre apenas 28000 (6).

Repetimos pois que a rotação do sol mostra ser infinitamente provavel a sua translação. Foi assim de muito alcance a concepção de Lalande.

* *

São extremamente rigorosas as concepções de Bradley e Tobie Mayer. Se tem lugar effectivamente a translação solar, variarão necessariamente com o decorrer do tempo as distancias angulares das estrellas *fixas*.

É tão engenhosa e simples, como concludente e clara, a comparação de Mayer. É de tanto alcance,

(5) A. de Guynemer, *Dict. d'Astr.*

(6) Obra da nota ant.

como a bem conhecida entre o movimento apparente do sol e o das margens d'um rio, entre o movimento real da terra e o d'um barco em que esteja o observador.

Magnificos são tambem os resultados de tal concepção. Foi W. Herschel quem primeiro os obteve pelas proprias observações, conquistando assim titulos dos mais brilhantes de gloria astronómica.

Conforme as observações do grande astrónomo de Slough tem-se reconhecido que a constellação d'*hercules* parece crescer, até d'anno para anno, e ir diminuindo, no mesmo tempo, a *lebre*, quasi diametralmente opposta. N'aquella têm augmentado as dimensões e o brilho das estrellas; n'esta têm diminuido.

Acham-se em harmonia com estas observações, pelo menos muito provavelmente, as de Bessel sobre a estrella 61.^a do *cysne*, constellação *vizinha* d'*hercules*. Parece que vae augmentando a paralaxe annua d'esta estrella, que conseguintemente vae-se approximando do systema solar (7).

De todas as hypotheses que podem imaginar-se para a explicação d'estes phenomenos a mais simples, a mais verosimil e a que mais se harmonisa

7) Pag. 178.

com as leis da natureza é incontestavelmente a traslação solar. Tão simples e tão verosimil é que só pôde rejeital-a quem rejeitar a sciencia. Tanto se harmonisa com as leis da natureza, que ha-de admittil-a o espirito ainda o mais refractario e que sómente se curve ante a certeza absoluta.

A historia apoia tambem estas ideias. Lembremos-nos de que foi uma conjectura analogá, menos evidente ainda, o primeiro indicio e fundamento da traslação terrestre.

As observações dos differentes aspectos do firmamento durante muitos seculos conduzirão ao conhecimento completo não só d'este grande phenomeno, *mostrando a trajectory do centro de gravidade do systema planetario no espaço*, mas até do movimento universal.

* *
*

A observação fecundada pelo raciocinio conduz ás causas dos phenomenos, constituindo a *Philosophia Natural*.

Observa-se um certo numero de phenomenos, investigam-se as causas que os produziram ou, antes, que *podiam tel-os produzido*, notam-se as consequencias que d'ellas derivam e, consultando finalmente outra vez a observação, estabelece-se as-

sim a theoria. Ha uma cadeia de fortissimos elos entre a razão e a observação, entre o homem e o universo.

Taes considerações mostram evidentemente que a precessão dos equinoxios e a mudança da direcção do eixo de cada corpo do systema planetario conduzem ao conhecimento da translação solar, como suas consequencias.

Não ha effectivamente explicação mais plena e mais geral para estes phenomenos. «A explicação do systema deve ser a mesma para todos os habitantes do mesmo globo e a mesma ainda para todos os corpos do mesmo systema» (8).

Recorrer ao achatamento da terra para a explicação d'estes phenomenos, como os observamos, é attribuir-lhe muita importancia e «attribuir-lhe tanta importancia sem mencionar os achatamentos dos outros corpos do systema não é a explicação do systema solar» (9).

A precessão dos equinoxios dá até indicações precisas acêrca da translação solar, mostrando ser de 50" quasi o arco que durante um anno percorre

(8) E. G. Fahrner, *Système solaire d'après la marche réelle du soleil*.

(9) Memoria da nota ant.

o sol na sua órbita immensa. Consequentemente o periodo da revolução solar approxima-se de 25920 annos.

Eis a razão por que hoje são *virgo* e *pisces* os pontos equinoxiaes, que eram *aries* e *libra*, ha 2160 annos. Eis ainda a razão por que se dá ainda hoje o nome de *aries* a um d'estes pontos e por que se introduziu o termo *libra* nas constellações zodiaes (10).

* * *

(10) Pag. 10.

CAPITULO SEGUNDO

Direcção da translação solar

W. Herschel, Prévot, Argelander, Lundahl, O. Struve, Galloway e Mædler.

Não podia parar ante um phenomeno qualquer, sem observá-lo debaixo de todas as faces e sem profundá-lo muito minuciosamente, o sublime espirito do observador do jardim e d'uma casa pequena de Slough, «o lugar do mundo onde mais descobertas se têm feito» (11), observatorio «cujo nome as sciencias hão-de transmittir até á posteridade mais remota» (12).

Descoberta a translação solar, tratou immediatamente este célebre astrónomo de marcar a sua direcção com a possível precisão.

(11) F. Arago, *Biog. de W. Herschel*.

(12) Obra da not. ant.

Era extremamente delicado semelhante problema e difficil a sua resolução, pois esta devia ser fundamentada nos movimentos observados, que eram effeitos d'uma combinação do movimento proprio real de cada estrella e da translação solar. Facil é vêr na realidade que muitas vezes podiam annullar-se taes movimentos e multiplicar-se tantas outras.

Para vencer tantas difficuldades, era necessario, além de profundos conhecimentos astronómicos, um tacto especial; mas felizmente para a sciencia W. Herschel possuia-o em gráo eminente.

Partindo da hypothese de que os movimentos proprios das cstrellas eram igualmente dirigidos para todos os sentidos, chegou W. Herschel ao resultado de que o systema solar se dirigia para a estrella λ da constellação d'*hercules* ou, antes e mais exactamente, para um ponto cujas coordenadas eram em 1783

ascensão recta.....	257°
declinação.....	25°

Passados dous annos, Prévot chegou a um resultado que na declinação differia pouco do de W. Herschel; muito porém na ascensão recta, cuja differença se elevava a 27°.

Tal era o estado da questão em 1837, quando

entrou em campo o célebre director do observatorio de Bonn. Para determinar a direcção da translação solar, seguiu Argelander um methodo fundado no emprego dos *menores quadrados*, methodo que vamos expor muito succintamente, transcrevendo-o da moderna obra de F. Brünnow, *Traité d'Astr. Sph. et d'Astr. Prat.*

Sejam α , α' , δ e δ' as ascensões rectas e as declinações d'uma estrella correspondentes a certas épocas; a a relação entre o deslocamento do sol no intervallo d'aquellas épocas, supposto rectilineo, e a distancia da estrella ao sol; A e D a ascensão recta e a declinação do ponto para que se dirige apparentemente o systema solar, valores approximados das coordenadas do ponto para que realmente elle se dirige; dA e dB as correcções d'estas coordenadas devidas ao movimento proprio real da estrella; teremos assim, depois de algumas transformações, as equações

$$\left. \begin{aligned} \cos \delta' (\alpha' - \alpha) &= a \cos D \sin (\alpha - A) \\ \delta' - \delta &= a [\cos \delta \sin D - \sin \delta \cos D \cos (\alpha - A)] \end{aligned} \right\} \dots (a)$$

Estas duas fórmulas permittem calcular a , sendo conhecidas as differenças $\alpha' - \alpha$ e $\delta' - \delta$, ou estas

diferenças com o conhecimento d'aquella quantidade.

Considerando agora o triangulo formado pelo pólo do equador, pela estrella e pelo ponto cujas coordenadas são A e D, representando por Δ a distancia d'este ponto á estrella e por P o angulo na estrella, obteremos as equações

$$\left. \begin{aligned} \text{sen } \Delta \text{ sen } P &= \cos D \text{ sen } (\alpha - A) \\ \text{sen } \Delta \cos P &= \text{sen } D \cos \delta - \cos D \text{ sen } \delta \cos (\alpha - A) \end{aligned} \right\} \dots (b)$$

Designando agora por p o valor do angulo da direcção do movimento proprio da estrella com o seu paralelo, valor obtido pelo calculo por meio dos valores approximados de A e D, chegaremos facilmente á relação

$$\text{tang } p = \frac{\alpha' - \alpha}{\delta' - \delta} \cos \delta,$$

relação que com (a) e (b) conduz ao resultado

$$p = 180^\circ - P,$$

exprimindo assim que a estrella percorre o circulo maximo que une a sua posição actual com o ponto

cujas coordenadas são a ascensão recta A e a declinação D , desviando-se d'elle.

Temos ainda a fórmula bem conhecida

$$dP = - \frac{\cos \delta \operatorname{sen}(\alpha - A)}{\operatorname{sen}^2 \Delta} dD$$

$$+ \frac{\cos D}{\operatorname{sen}^2 \Delta} [\operatorname{sen} \delta \cos D - \cos \delta \operatorname{sen} D \cos(\alpha - A)] dA,$$

ou antes

$$dp = \frac{\cos \delta \operatorname{sen}(\alpha - A)}{\operatorname{sen}^2 \Delta} dD$$

$$- \frac{\cos D}{\operatorname{sen}^2 \Delta} [\operatorname{sen} \delta \cos D - \cos \delta \operatorname{sen} D \cos(\alpha - A)] dA.$$

Sendo finalmente p' o valor do angulo da direcção do movimento proprio da estrella com o seu paralelo, dado pela observação directa das diferenças $\alpha' - \alpha$ e $\delta' - \delta$, teremos

$$0 = (p - p') \operatorname{sen} \Delta + \frac{\cos \delta \operatorname{sen}(\alpha - A)}{\operatorname{sen} \Delta} dD$$

$$- \frac{\cos D}{\operatorname{sen} \Delta} [\operatorname{sen} \delta \cos D - \cos \delta \operatorname{sen} D \cos(\alpha - A)] dA.$$

Applicando o methodo dos *menores quadrados* a equações analogas fornecidas por um grande numero d'estrellas, obter-se-ha os valores mais provaveis de dA e dB .

Recorrendo Argelander ás observações de 390 estrellas, dividiu-as em tres grupos segundo o seu movimento proprio, que em todas excedia $0''$,1, e deduziu isoladamente de cada um d'estes grupos as correções dA e dB dos valores adoptados para A e D . Ha uma concordancia sensivel entre os tres resultados, cuja média dá os seguintes valores para as coordenadas A e D , referidas ao equador e ao equinoxio de 1800,

$$A=259^{\circ}51'48'' \quad \text{e} \quad D=32^{\circ}29'6''.$$

Lundahl recorreu a 147 estrellas differentes das precedentes e, comparando as posições de Bradley com as dadas pelo catalogo de 1112 estrellas de Pond para 1830, chegou aos valores

$$A=252^{\circ}24'24'' \quad \text{e} \quad D=14^{\circ}26'6''.$$

Uma discussão d'estas duas determinações conduziu Argelander aos resultados

$$A=257^{\circ}59'42'' \quad \text{e} \quad D=28^{\circ}49'42''.$$

O. Struve, comparando 400 estrellas observadas em Dorpat com as posições dadas pelo catalogo de Bradley, obteve

$$A=261^{\circ}21'48'' \quad \text{e} \quad D=37^{\circ}36'.$$

Galloway serviu-se das estrellas austraes, abandonando pela comparação das observações feitas em S.ta Helena por Johnson e no cabo da Boa-Esperança por Henderson com as de Lacaille os valores

$$A=260^{\circ}1' \quad \text{e} \quad D=34^{\circ}23'.$$

Com um numero muito consideravel d'estrellas obteve finalmente Mædler

$$A=261^{\circ}38'48'' \quad \text{e} \quad D=39^{\circ}53'54''.$$

Terminamos repetindo o que sobre este assumpto diz Brünnow, que na sua obra já citada apresenta os resultados apontados:

«Todos estes valores concordam sensivelmente entre si e conseguintemente o ponto para que caminha o systema solar é assim determinado com toda a exactidão permittida pela difficuldade de tão importante problema.»

* *
*

CAPITULO TERCEIRO

O movimento e o universo

O universo é a materia em movimento, porque é este o unico estado real da materia. O repouso é uma mera concepção do espirito.

O universo, como está organizado, é o producto do movimento; para estudal-o porém é necessario recorrer á concepção do repouso. Eis a razão por que, com Nelson, dissemos ser o universo o producto do movimento universal (13) e por que não dissemos, como elle diz, tambem do repouso universal. Nós fallamos do universo como está organizado.

Não são sómente os trabalhos dos astrónomos a evidenciar o movimento universal. Erguem-se em

(13) Pag. 75.

prol d'elle os anatómicos, os physiologos, os phisicos, os chimicos, os geologos, finalmente toda a cohorte immensa que estuda a natureza. Ergue-se em prol d'elle a sciencia toda.

Esta verdade proclama a magnificencia da natureza. São realmente maravilhosos os seus resultados. Apontemos sómente os da translação solar.

Segundo declara A. de Guynemer (14), a immensa órbita do sol é de

265720000000

myriametros!

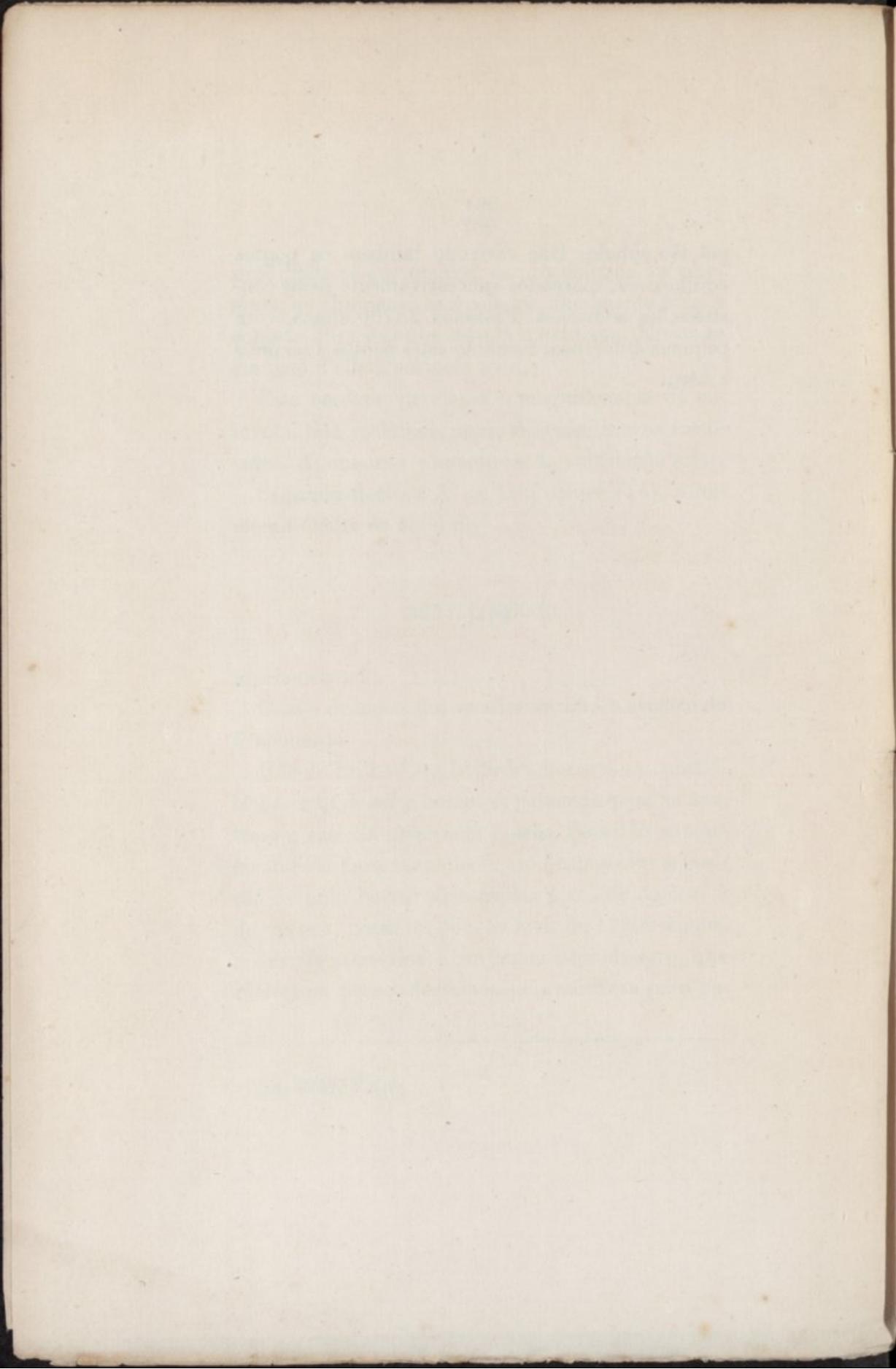
Com o decorrer dos seculos variará o aspecto do firmamento.

Hão-de brilhar nas latitudes boreaes as constellações *cruz do sul* e *centauro*, passando para as austraes a estrella *sirius* com outras. Servirão successivamente para reconhecer no firmamento a posição do pólo boreal as estrellas β e α de *cepheu*, δ do *cysne* e, passados poucos mais de 12800 annos, a estrella *polar* será a brilhante *wéga* da *lyra*, que realmente parece destinada pela natureza para pa-

(14) *Dict. d'Astr.*

pel tão subido. Irão variando tambem os pontos equinoxiaes, marcados successivamente pelas constellações zodiacaes. Passados 23700 annos, com pequena differença, tornarão estes pontos a ser *aries* e *libra*.

FIM.



Nota á pag. 84.

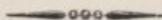
«Muitos astrónomos têm reconhecido ao redor de venus
«um satellite de volume quasi igual ao da nossa lua, po-
«rém menos denso e menos reflexivo.»

A. DE GUYNEMER, *Dict. d'Astr.*

Eu abaixo assignado, Alfredo Figueiras da Rocha Pinoto,
filho de Francisco Manoel da Rocha Pinoto, natural de
Pontes de Lima, districto de Panna do Castello, usei esta
dissertação sob os auspícios e direcção de S.^{ma} e R.^{ma} O.
Conselheiro Dr. Joaquim Gonçalves Carneiro, decano e
director da faculdade de Mathematica na Universidade
de Coimbra, e a repeti e defendi no mesmo acto de consula-
ção magna, que fiz na mesma Universidade, em
12 de Junho de 1871; em certidão do que vai visto assigne-
do tambem pelo S.^{mo} e R.^{mo} O.^o Dr. Joaquim Gonçalves
Carneiro.

Dr.^o Joaquim Gonçalves Carneiro
Alfredo Figueiras da Rocha Pinoto

INDICE



INTRODUCCÃO

	Pag.
Importancia da Astronomia e da sua historia.....	1
Fim d'esta sciencia e divisão da sua historia em cinco periodos.....	4
<i>Astronomia Contemplativa</i>	6
» <i>Geometrica</i>	13
» <i>Telescopica</i>	26
» <i>Analytica</i>	51
» <i>Physico-Chimica</i>	65
Breves considerações sobre os progressos futuros da Astronomia	69
Indole dos seus principios.....	70
Distribuição das materias d'esta obra	71



PARTE PRIMEIRA

CAPITULO PRIMEIRO

Astronomia Planetaria e Cometaria

	Pag.
Systemas celestes e em especial o systema solar ou planetario	75
Planetas, satellites e planetoides ou asteroides.....	77
Cometas e corpos celestes diaphanos.....	91
Via lactea	102
Breves considerações sobre a harmonia do systema planetario	103

CAPITULO SEGUNDO

Astronomia Solar

Constituição physica do sol.....	105
Manchas, lúculas, fúculas e movimento de rotação..	110
Analogias com os planetas.....	133
Parallaxe e distancia á terra.....	»
Dimensões e peso.....	134

CAPITULO TERCEIRO

Astronomia Estrellar

	Pag.
Classificação das estrellas segundo a ordem da intensidade da luz.....	135
Estrellas <i>fundamentaes</i>	137
» <i>temporarias</i>	138
» <i>perdidias</i>	146
» <i>variaveis</i> ou <i>periodicas</i>	150
» <i>duplas</i> e <i>multiplas</i>	156
» <i>agrupadas</i>	161
Constituição physica.....	»
Côr, brilho e calor.....	168
Parallaxe annua e distancia á terra.....	174
Movimento proprio.....	182

~~~~~

 PARTE SEGUNDA

## CAPITULO PRIMEIRO

## A ordem e a economia no universo

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ordem e economia universal como <i>principios puramente theoricos</i> ..... | 195 |
| A sua realização na natureza.....                                           | 197 |
| A sua expressão mathematica.....                                            | 198 |

## CAPITULO SEGUNDO

## Principio da menor acção

|                                                                                       | Pag. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Velocidade <i>absoluta, relativa e média</i> .....                                    | 203  |
| Demonstração do <i>principio da menor acção</i> nos movimentos <i>relativos</i> ..... | 205  |

## CAPITULO TERCEIRO

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| O systema planetario em si..... | 217 |
|---------------------------------|-----|

## CAPITULO QUARTO

## O systema planetario no universo

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| O systema planetario formando com muitas estrellas um systema d'ordem superior..... | 229 |
| Acção unica do centro d'estes systemas sobre o planetario.....                      | 235 |

~~~~~

PARTE TERCEIRA

CAPITULO PRIMEIRO

Translação do systema planetario

Traços historicos.....	241
Translação do sol como consequencia da sua rotação.	244

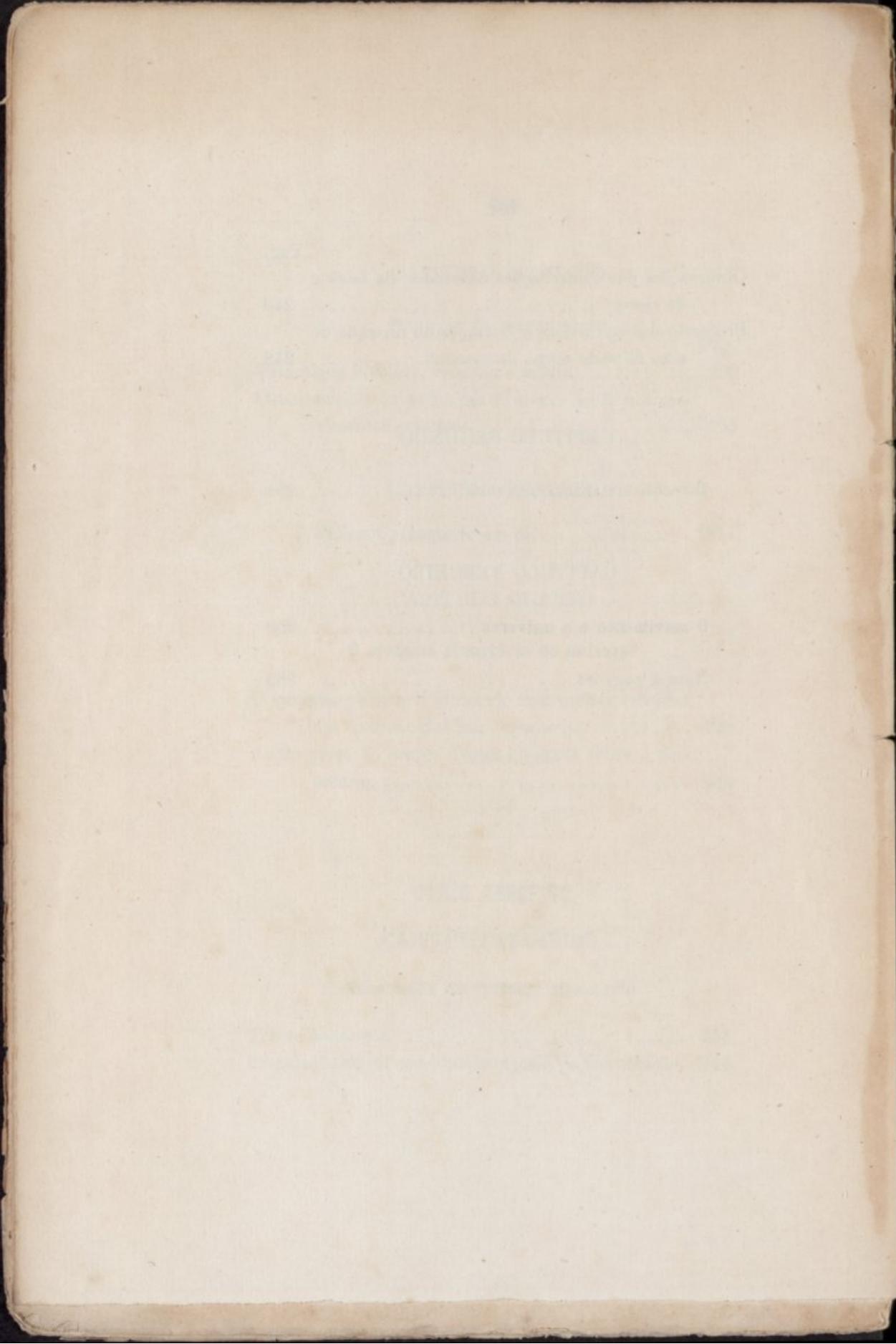
	Pag.
Observações das constellações d' <i>hercules</i> , da <i>lebre</i> e do <i>cysne</i>	246
Precessão dos equinoxios e mudança da direcção do eixo de cada corpo do systema.	248

CAPITULO SEGUNDO

Direcção da translação solar.	251
---------------------------------------	-----

CAPITULO TERCEIRO

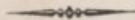
O movimento e o universo	259
Nota á pag. 84.	263

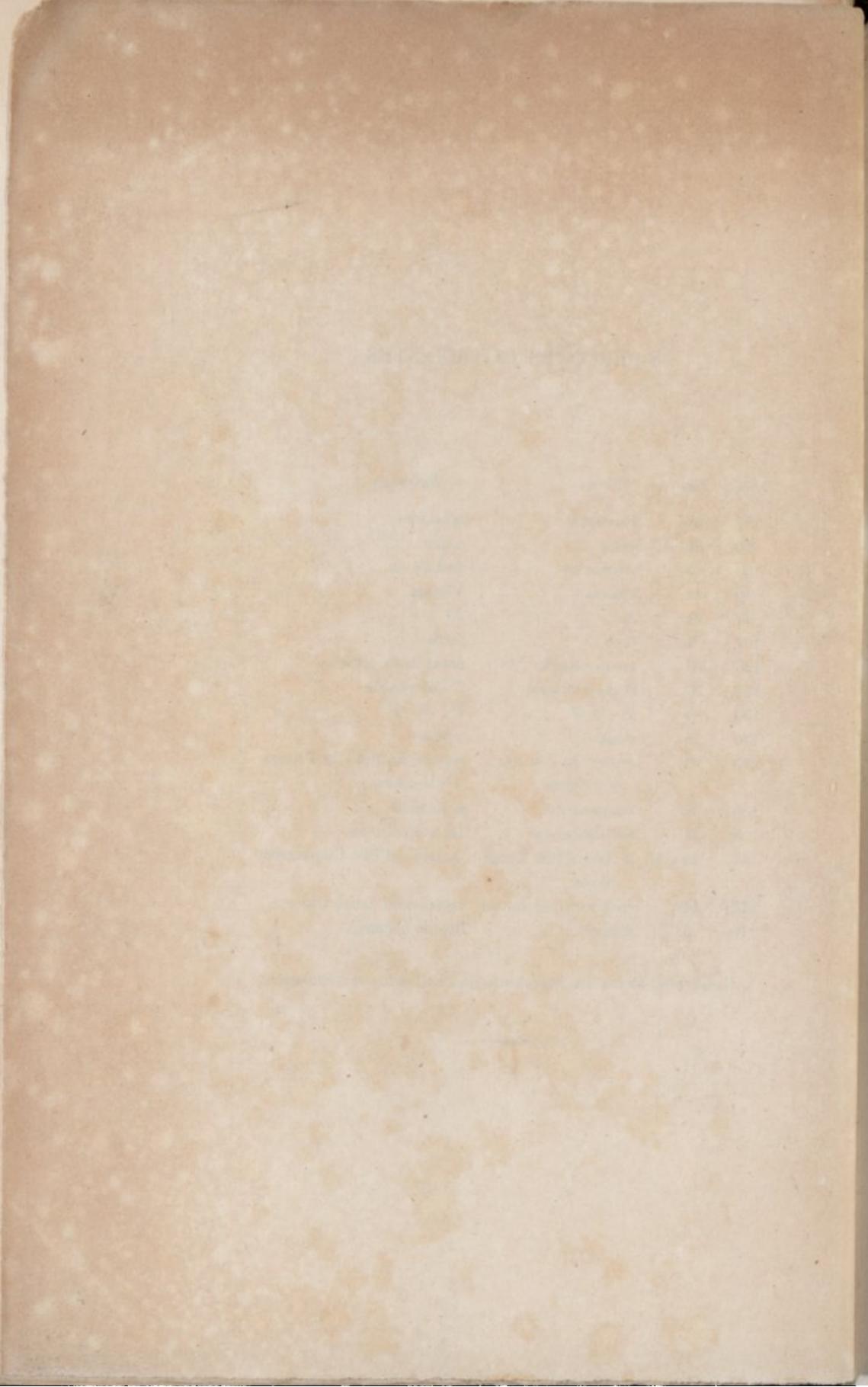


CORRECCÕES IMPORTANTES

<i>Pag.</i>	<i>Lin.</i>	<i>Erros</i>	<i>Emendas</i>
27	23	<i>inventare</i>	<i>inventore</i>
40	26	como	o que
50	5	destróe-se	destróe-as
70	24	Pianna	Vianna
77	24	dos	de
107	7	<i>fogo</i>	<i>ferro</i>
126	23	nossa estação	nossa nova estação
127	16	O observatorio	A observação
130	4	7° 9' 2'	7° 9' 2''
136	4	nossos	vossos
145	23	espaço de 7 annos e 9 mezes	espaço multiplo de 7 annos e 9 mezes
150	14	<i>temporarias</i>	<i>periodicas</i>
153	17	foi <i>aldébaran</i>	foi a <i>aldébaran</i>
167	15 e 16	J. Dec d'Élie Came- rarius	J. Dee e d'Élie Camerarius
177	14	reconheceu assim ser	reconheceu assim não ser
179	3	Struve	Struve e Peters

Além d'estes, ha muitos outros erros que facilmente se reconhecem.







60984 81800

