EXISTEM VERDADEIRAS NEBULOSAS?

ESTUDOS

DE

ASTRONOMIA PHYSICA

POR

Francisco da Costa Pessoa

LICENCIADO EM MATHEMATICA E BACHAREL EM PHILOSOPHIA

COIMBRA

IMPRENSA DA UNIVERSIDADE

1875

A seu primo, am.º e professor

Agres de Sá Pereira e Castro

Off.

o autor.

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

EXISTEM VERDADEIRAS NEBULOSAS?

ESTUDOS

DE

ASTRONOMIA PHYSICA

POR

Francisco da Costa Pessoa

Licenciado em Mathematica e bacharel em Philosophia

COIMBRA
IMPRENSA DA UNIVERSIDADE
1875

Et l'homme cependant, cet insecte invisible,
Rampant dans les sillons d'un globe imperceptible,
Mesure de ces feux les grandeurs et les poids,
Leur assigne leur place et leur route et leurs lois,
Comme si, dans ses mains que le compas accable,
Il roulait ces soleils comme des grains de sable!
Chaque atome de feu que dans l'immense éther,
Dans l'abîme des nuits l'oeil distrait voit flotter,
Chaque étincelle errante aux bords de l'empyrée,
Dont scintille en mourant la lueur azurée;
Chaque tache de lait qui blanchit l'horizon,
Chaque teinte du ciel qui n'a pas même un nom,
Sont autant de soleils, rois d'autant de systèmes,
Qui, de seconds soleils se couronnant eux-mêmes,
Guident, en gravitant dans ses immensités,
Cent planètes brûlant de leurs feux empruntés,
Et tiennent dans l'éther chacune autant de place
Que le soleil de l'homme en tournant en embrasse,
Lui, sa lune et sa terre, et l'astre du matin,
Et Saturne obscurci de son anneau lointain!

LAMARTINE, *Harmonies*.

AO

EXCELLENTISSIMO E REVERENDISSIMO SENHOR

D. JOÃO CHRYSOSTOMO D'AMORIM PESSOA

Arcebispo Coadjutor e Futuro Successor de Braga, Primaz das Hespanhas,
Doutor na Sagrada Theologia pela Universidade de Coimbra,
Do Conselho de Sua Majestade Fidelissima,
Commendador da Ordem de Nossa Senhora da Conceição de Villa-Viçosa,
Grão-Cruz da Ordem Militar de Nosso Senhor Jesus-Christo,
Digno Par do Reino,
etc., etc., etc.

EM TESTEMUNHO DO MAIS PROFUNDO RESPEITO E GRATIDÃO

O. e D.

Francisco da Costa Pessoa.

DISSERTAÇÃO INAUGURAL

PARA O ACTO

DE

CONCLUSÕES MAGNAS

NA

FACULDADE DE MATHEMATICA

DA

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

POR

FRANCISCO DA COSTA PESSOA

... quelle singulière et triste impression
Produit un manuscrit! Tout à l'heure, à ma table,
Tout ce que j'écrivais me semblait admirable.
Maintenant, je ne sais—je n'ose y regarder.
Au moment du travail, chaque nerf, chaque fibre
Tressaille comme un luth que l'on vient d'accorder.
On n'écrit pas un mot que tout l'être ne vibre.
(Soit dit sans vanité, c'est ce que l'on ressent)
On ne travaille pas—on écoute—on attend.
C'est comme un inconnu qui vous parle à voix basse.
On reste quelquefois une nuit sur la place,
Sans faire un mouvement et sans se retourner.
On est comme un enfant dans ses habits de fête,
Qui craint de se salir et de se profaner.
Et puis, et puis—enfin!—On a mal à la tête.
Quel étrange réveil! Comme on se sent boiteux!
Comme on voit que Vulcain vient de tomber des cieux!

ALFRED DE MUSSET, *Premières poésies.*

EXISTEM VERDADEIRAS NEBULOSAS?

L'homme aime la vérité, il y aspire: première loi de la nature.

AIMÉ MARTIN, *Éduc. des mères de fam.*

L'amour de la vérité est le grand moteur de la civilisation actuelle; c'est lui qui inspire avant tout le savant qui explore le domaine abstrait des grandeurs mathématiques.

BOUGAEV, *Des mathématiques.*

PREAMBULO

Importancia da questão

> ... l'astronomie est placée au premier rang, car le champ de ses investigations est l'univers, et, comme la pensée, l'espace n'a pas des limites.
>
> BOILLOT, *L'astron. dans le siècle* 19.e

Depois do grande problema da *Constituição do Universo pelos astros,* que faz objecto da Mecanica Celeste, apresenta-se naturalmente ás Mathematicas o da *Constituição particular de cada um d'estes corpos* — problema não menos interessante, do qual se occupa a Astronomia Physica.

Rapido e extraordinario desinvolvimento tem n'este seculo recebido este importantissimo ramo das Mathematicas applicadas. A perfeição dos instrumentos modernos e a creação de novos e excellentes methodos de observação, alliadas á perseverança infatigavel dos astronomos, são a causa a que devemos tão notavel progresso.

É na Astronomia Physica, e particularmente no estudo da — estructura intima dos corpos celestes — que

tem um dos primeiros logares a questão, que nos propomos ventilar — *se existem verdadeiras nebulosas.*

Nasceu esta questão ha dous seculos com a descoberta das primeiras nebulosas, e sempre com vivo interesse foi entre os astronomos assumpto de opiniões encontradas.

Já Kepler, Kant e Lambert affirmavam a existencia d'uma *substancia cosmica,* subtil, vaporosa, cuja condensação globular formaria estrellas.

O contrario pensava John Michell, para quem todas as nebulosas eram *grupos estellares.*

Todavia estas opiniões não passavam de crenças, e a discussão sem elementos era impossivel.

No seculo passado Halley, nas *Philosophical Transactions* de 1717, Lacaille, em seu *Catalogue des étoiles du ciel austral,* e mais tarde Messier, no seu *Catalogue des nébuleuses et des amas stellaires* (Mém. de l'Acad. des sciences, 1771), publicaram alguns estudos sobre nebulosas, procurando fixar sobre ellas a attenção dos astronomos.

Pouco porém adiantaram estes observadores no conhecimento d'estes astros.

Veio William Herschell enriquecer a *Astronomia estellar* com seus profundos trabalhos; e a questão, recebendo nova luz, tornou-se momentosa desde que

este insigne astronomo, firmado em seu telescopio e aturada observação, emittiu o parecer de que as nebulosas são a materia prima d'onde se hão formado o Sol e as estrellas — parecer que foi abraçado por De Humboldt e Arago, e sobre o qual Laplace erigiu o famoso systema cosmogonico, em que fazia descender d'uma nebulosa o Sol com todo o seu sequito de planetas, satellites e cometas.

Mas, se é relevante o conhecimento intimo das *nebulosas,* não o é menos o do meio geral de investigação que em especial nos serviu — *a analyse espectral.*

Os estudos espectroscopicos são com effeito a ordem do dia da Astronomia.

Cursos regulares de observações espectroscopicas se acham actualmente organisados em muitos observatorios, nomeadamente nos de Inglaterra e de Italia, e novos factos de dia para dia se descobrem e se accumulam, graças á analyse espectral, para, talvez não longe, conduzirem á solução completa do vasto problema da *Constituição dos astros.*

Na *photographia,* testemunha fiel dos phenomenos celestes, encontrou a espectroscopia um vigilante auxiliar; e extenso é já o catalogo de conhecimentos que se lhes deve sobre a estructura physica e chimica das nebulosas, do Sol, das estrellas, dos cometas, dos planetas e ainda das bolides.

No decurso d'este escripto serão manifestas a sensibilidade e exactidão admiraveis d'este novo instrumento de analyse astronomica.

Obvia e incontestavel é pois a alta importancia que na Astronomia tem não só a questão das — *nebulosas* — mas ainda o precioso meio de investigação da *analyse espectral*.

Assim é duplamente interessante este assumpto, e isso explica a preferencia que lhe démos para thema da nossa dissertação.

E sendo a analyse espectral o principal fundamento sobre que assenta o nosso juizo n'esta questão, cumpre-nos estabelecer préviamente os seus principios e modo de applicação aos astros com a concisão que nos prescrevem os estreitos limites fixados pela natureza d'este trabalho.

CAPITULO I

A analyse espectral

> Jusqu'à nos jours, les découvertes de l'Astronomie , quelque merevilleuses qu'elles fussent, étaient toujours bornées aux mouvements des corps célestes, à leurs masses ou à leurs volumes; maintenant, l'analyse spectrale, nous permet de déterminer la nature intime de la matière qui les compose.
>
> P.e Secchi, *Le Soleil.*

A luz. Newton e o espectro solar. As vibrações da luz e as côres do espectro. Espectros—*luminoso, calorifico* e *chimico*. Wollaston e Fraunhofer; raias de Fraunhofer. Kirchhoff e Bunsen. Analyse qualitativa da luz; o *espectroscopo*. Leis da *espectroscopia*. Tres ordens de espectros —*continuos*, de *raias brilhantes* e de *raias escuras*. Observações de *comparação;* constituição do Sol. Disposição do espectroscopo para a observação das *nebulosas, estrellas, cometas* e *planetas*. Raias *telluricas*. David Brewster. Janssen. Analyse quantitativa da luz; o *espectronatrometro*.

Presos á Terra pela gravitação, não podemos deixal-a para estudar de mais perto os corpos celestes. É a luz o unico mensageiro que, transpondo distancias immensas com rapidez prodigiosa, nos póde relacionar com elles e trazer noticia fiel da sua constituição.

Newton, reproduzindo em seu gabinete o phenomeno do arco-iris e discutindo-o, tinha lançado os fundamentos da Optica moderna.

Recebeu n'uma camara escura um fasciculo de luz solar, e interpondo em seu trajecto o angulo d'um prisma de crystal, viu apparecer sobre um diaphragma, em vez de uma imagem branca e circular, um *espectro* ou

figura phantastica, longa, vivamente colorida, composta d'uma infinidade de tons, entre os quaes, formando sete faxas em suave transição, sobresahiam os seguintes principaes typos:

vermelho, alaranjado, amarello, verde, azul, anil e *violêta.*

Após a analyse operou o sabio physico a synthese. Substituiu o diaphragma por uma lente convergente, e, vendo reconstruir-se a luz branca, inferiu que a luz do Sol é formada de todas estas côres reunidas, e que á desegual *refrangibilidade* das radiações se deve a sua separação através do prisma.

É hoje um dogma na sciencia — que são as vibrações do ether que produzem e propagam a *luz,* assim como as vibrações d'um meio elastico ponderavel produzem e propagam o *som.*

Mas é inconcebivel a velocidade da vibração luminosa. Deixa a perder de vista a das ondas aereas que actuam sobre o ouvido.

Em quanto que os sons perceptiveis estão comprehendidos entre 30 e 40:000 vibrações por segundo, as côres visiveis são produzidas entre 155 e 758 milhões de vibrações no mesmo tempo!

A velocidade de propagação não é menos admiravel. As observações de Roemer e as experiencias de Fizeau dão com effeito para a luz um curso superior a 76:000 legoas por segundo!

A cada côr corresponde uma velocidade de vibração e comprimento d'onda particulares.

A refrangibilidade das radiações cresce com a rapidez da vibração; assim, as vibrações do vermelho são as mais longas e lentas, as do violêta as mais rapidas e curtas.

Mas não tem a luz sómente o poder illuminante.

Além da acção *luminosa*, que affecta o orgão da visão, possue ella tambem a acção *thermica* ou calorifica, e a acção *chimica*.

As ondas de luz, refrangindo-se no prisma, produzem um espectro de que só a parte média é visivel, mas que se estende áquem do vermelho e além do violêta.

Percorrendo com um thermometro todo o espectro, nota-se com effeito a existencia de radiações calorificas desde o *verde* até além do *vermelho;* e substancias fluorescentes denunciam radiações chimicas desde o *verde* até além do *violêta*.

São pois as vibrações mais *longas* que *aquecem* os corpos, as mais *rapidas* que os *decompõem*, e as vibrações *médias* que os *illuminam*.

As extremas radiações de *calor escuro* ou *ultra-vermelhas* executam, segundo M. Miller, 63 milhões de vibrações por segundo; as ultimas radiações *chimicas* ou *ultra-violêtas* produzem 946 milhões. O *vermelho* extremo corresponde a 155; o *amarello*, raia D, a 509; o *violêta* limite, raia H, a 758 milhões.

O espectro solar, composto assim de tres espectros — *luminoso, thermico* e *chimico* — é pois constituido por uma serie de ondulações ethereas, cujo comprimento vai decrescendo d'uma á outra extremidade, sendo a parte média a unica com poder de fazer vibrar o nervo optico.

Mas não se limitam a estas as consequencias graves do estudo do espectro.

Em 1802 Wollaston, observando o espectro solar, descobriu que em certa posição do prisma appareciam na imagem espectral raias escuras, onde parecia faltar a luz; todavia esta descoberta, destinada a produzir tão fecundos resultados, passou desapercebida até ao anno de 1815, em que Fraunhofer, physico de Munich, tractando de determinar os indices de refracção dos vidros que empregava, fez a mesma observação, aperfeiçoou o apparelho, e estudou e desenhou as raias, fixando a posição de cada uma.

Na disposição de Fraunhofer, o fasciculo de luz solar, dirigido por um heliostato sobre uma estreita fenda, penetrava na camara escura, e, atravessando um prisma triangular de crystal puro, era recebido pelo objectivo d'um oculo, pelo qual se observavam, amplificadas, as minimas partes do espectro.

Assim pôde o habil physico contar até 600 raias,

entre as quaes designou as 8 mais notaveis pelas letras A, B, C, D, E, F, G e H, achando-se respectivamente A e B no principio e no meio do vermelho, C e D no começo e no fim do alaranjado, E no verde, F no azul, G no anil, e finalmente H no fim do violêta.

Estas são as raias conhecidas pelo nome de — *raias de Fraunhofer*.

Existem sempre no espectro de toda a luz que directa ou indirectamente emana do sol. Vêem-se na luz diffundida pela atmosphera, pelas montanhas, pelos edificios, pelos innumeros corpos dispersos á superficie da Terra; encontram-se na luz da Lua, dos planetas, emfim na luz dos astros, que, não tendo, como a Terra, luz sua, só reflectem a do sol, pela qual são allumiados.

Em 1847 soffreu o modo de observação de Fraunhofer uma importante modificação: o addicionamento d'um *collimador*. Entre a fenda e o prisma collocou-se uma lente convergente a uma distancia tal que a fenda occupasse o foco. A vantagem d'esta disposição é, além de se obter com rigor o parallelismo dos raios, principalmente diminuir a distancia da fenda ao prisma, de modo que permitte fixar entre elles um tubo no qual passa o fasciculo luminoso, e supprime a necessidade da camara escura.

O apparelho assim organisado para a analyse qualitativa da luz constitue o ESPECTROSCOPO, composto essencialmente de tres partes: 1.ª *um collimador de*

fenda; 2.ª *um ou mais prismas refringentes;* 3.ª *um oculo,* cujo objectivo achromatico fica proximo do prisma.

Creado assim o germen da analyse espectral, foram principalmente Kirchhoff e Bunsen, distinctos professores da universidade de Heidelberg, que o fizeram desinvolver e fructificar.

Innumeras observações de raias characteristicas de differentes substancias foram successivamente publicadas por Brewster e Herschel em 1822, Fox Talbot em 1826 e 1834, Wheatstone em 1835, Miller em 1845, Angstrom e Alter em 1855, Swan, Plucker e Hittorf em 1857.

Pelo exame attento d'estas observações e da longa serie de seus proprios trabalhos, chegaram Kirchhoff e Bunsen á inducção dos seguintes principios, cuja verdade o espectroscopo a cada momento verifica:

1.º *para cada foco de luz é invariavel a ordem por que se distribuem as raias* (brilhantes ou escuras) *do seu espectro;*

2.º *todo o elemento posto em suspensão numa chamma dispõe as raias do seu espectro d'um modo particular que o characterisa;*

3.º *um vapor absorve precisamente os raios luminosos que elle emitte quando está incandescente.*

Este ultimo principio constitue a chamada — *inversão do espectro*. O vapor absorvente tem uma temperatura inferior á do corpo radiante.

É assim que o vapor do *sodio* produz, por absorpção, raias negras precisamente no logar onde mostrava raias brilhantes durante a combustão.

Os diversos espectros, obtidos em tão variadas experiencias, ou eram *continuos*, isto é, completamente destituidos de raias, ou guarnecidos de *raias brilhantes*, ou entremeiados de *raias escuras*.

D'ahi tres categorias de espectros.

Examinemos a natureza das substancias, por que são produzidos.

1.ª Espectros CONTÍNUOS. — São exclusivamente os corpos apenas *incandescentes*, solidos ou liquidos, taes como os *carvões* da luz electrica, um fio de *platina* atravessado por uma corrente, o *ferro*, a *cal*, a *magnesia* incandescidos pela chamma do maçarico, o *carvão* em suspensão na chamma, etc., que dão logar a esta classe de espectros.

2.ª Espectros de RAIAS BRILHANTES. — Um espectro, em que ha interposição de raias coloridas, pertence sempre á chamma d'um elemento ou composto no *estado gazoso*.

Tal é o espectro da chamma de uma vela na parte inferior, onde se effectua a combustão do *carbono* e do *oxigeno*. Este espectro contém tres grupos de raias, vivamente coloridas de verde e azul. São d'esta natu-

reza todos os espectros devidos á combustão dos metaes: assim, fazendo arder uma solução alcoolica de *sal marinho,* vê-se uma raia notavelmente brilhante no amarello, devida á combustão do *sodio*; o *chlororeto de cobre* e o *nitrato de stroncio* dão raias verdes e vermelhas, characteristicas do *cobre* e do *stroncio.*

A faisca, produzida entre os rheoforos de *prata* d'uma pilha energica ou de uma bobina de inducção, apresenta em seu espectro notaveis raias verdes, denunciantes da *prata* no estado de gaz.

Em fim cada elemento tem suas raias coloridas proprias, que revelam a sua presença no *estado gazoso.*

3.ª Espectros de RAIAS ESCURAS. — Dão logar a esta classe os corpos *incandescentes* involvidos por *vapores absorventes.*

O sodio é characterisado por uma raia brilhante *amarella,* correspondente á raia D de Fraunhofer; quando porém arde em abundancia e se vaporisa, por exemplo, entre as pontas de carvão incandescentes, vê-se uma *raia negra* precisamente no logar que aquella occupava.

D'este facto, notado por Foucault, e d'outros muitos analogos, deduziu Kirchhoff o principio importante e geral da *inversão dos espectros,* que acima enunciámos.

É o vapor do sodio que destroe, neutralisa, absorve certas vibrações, e produz raias *escuras* precisamente nos logares em que, durante a combustão, mostrava raias *brilhantes.*

Um phenomeno similhante se dá quando a luz do Sol, ou mesmo a d'uma chamma ordinaria, atravessa uma camada de acido *hypoazotico* ou de vapor de *iodo;* apparecem, devidas á absorpção, raias escuras que não existiam antes.

Os principios expostos, verdadeiras inducções, justamente fundadas na uniformidade dos factos, fazem que possamos concluir a presença d'uma substancia das raias que a characterisam.

Se no espectro d'uma fonte de luz vemos raias *brilhantes,* é que a fonte é um *gaz inflammado,* e comparando as suas raias com as dos corpos conhecidos, descobriremos as substancias que entram em sua composição.

Se apparecem raias *escuras,* podemos inferir que o seu estado é *solido* ou *liquido incandescente* rodeado por *vapores absorventes;* e a coincidencia d'estas raias com as raias brilhantes das differentes substancias indicará egualmente a sua constituição.

Estabelecida a lei da *inversão dos espectros,* applicou Kirchhoff a analyse espectral ao estudo do Sol.

Com esse intuito comparou as posições occupadas

pelas raias *escuras* do espectro solar com as das raias *brilhantes* dos vapores incandescentes dos diversos corpos.

Montou o apparelho de fórma que obtivesse ao lado um do outro o espectro solar e o espectro da luz artificial, e foi-lhe facil determinar as coincidencias que tinham logar entre as raias escuras do primeiro espectro e as raias brilhantes do segundo.

A disposição do espectroscopo para estas observações de *comparação* é a seguinte:

Cobre-se metade da fenda com um pequeno prisma de reflexão total. Este prisma, reflectindo totalmente a luz artificial que lhe envia um pequeno espelho movel, dirige-a ao longo do collimador parallelamente ao seu eixo, ao mesmo tempo que pela outra metade da fenda um heliostato introduz um estreito fasciculo de luz solar.

Vêem-se então dous espectros distinctos juxtapostos, um devido á luz do Sol, o outro á chamma que se lhe compara. E como as duas partes da fenda estão exactamente em linha recta, as raias que têm o mesmo indice de refracção devem rigorosamente estar no prolongamento uma da outra.

Foi assim que o habil professor de Heidelberg achou que o Sol encerra muitos dos elementos da Terra, taes como *ferro, hydrogeno, magnesio, sodio, potassio, calcio, chromo, nickel, bario, cobre, zinco, manganez, stroncio, cobalto* e *cadmio,* mas que é destituido, ao

menos em sua atmosphera, dos metaes preciosos *prata* e *ouro*.

Os espectros de comparação obtêm-se ordinariamente pela faisca d'um apparelho inductor, tirada entre electrodos dos differentes metaes, ou entre fios de platina involvidos em algodão impregnado da substancia cuja existencia se pretende verificar. Um pequeno espelho reflecte então a luz da faisca sobre o prisma que occupa a metade da fenda.

Se é um *planeta*, uma *estrella*, um *cometa* ou uma *nebulosa* que se estuda, adapta-se ao apparelho espectroscopico, que descrevemos, um equatorial achromatico de grandes dimensões.

Concentrando a luz do astro e acompanhando-o em seu movimento apparente, o equatorial annulla dous inconvenientes resultantes da *fraqueza da luz* e da *rotação da terra*.

Uma lente cylindrica estende n'uma só direcção o ponto luminoso que fórma o astro no foco do objectivo, e a pequena linha de luz penetra na metade da fenda.

Se, em vez de comparar o espectro d'um planeta com os espectros dos diversos elementos, se pretende comparal-o directamente ao do Sol, levanta-se a difficuldade de que o planeta só póde ser analysado durante a noute, ao passo que o Sol o é durante o dia.

Cortaram-na porém os astronomos, comparando, logo depois do occaso do Sol, o espectro da luz atmospherica com o do planeta apenas este se faz visivel.

A analyse attenta d'estes dous espectros juxtapostos determina as modificações que a luz do Sol soffreu, refractando-se na atmosphera e reflectindo-se na superficie do planeta, e d'ahi a constituição atmospherica e superficial d'este.

É assim que a analyse espectral denuncia na Lua e em Venus ausencia completa de atmosphera; em Jupiter a existencia d'uma atmosphera absorvente, analoga á nossa, acompanhada de vapores que não existem na Terra; em Saturno uma atmosphera com vapor d'agua, e com poder absorvente maior em volta do globo do que em torno dos anneis.

Posto que n'uma sciencia ainda na primeira infancia é mistér acceitar *com reserva* estes significativos resultados, não podemos todavia deixar de os assignalar com interesse e de lhes ligar alta consideração pelas importantes descobertas a que parecem conduzir, e cuja realidade ao tempo pertence verificar.

N'estas delicadas observações empregou William Huggins com efficacia dous prismas de *flint-glass* denso, cujo angulo de refracção media 60°. Para as estrellas e nebulosas extremamente fracas achou mesmo conveniente uma dispersão menor, servindo-se com vantagem d'um unico prisma de 60°.

No melhor de seus espectroscopos estellares a lente

cylindrica, plano-convexa, tinha 1 polegada de diametro e 14 de distancia focal. O objectivo do pequeno oculo astronomico possuia 0,8 polegadas de abertura e 6,75 de distancia focal. O ocular dava uma amplificação de 5,7 diametros. Finalmente um parafuso micrometrico de 50 filêtes em pollegada media com precisão as distancias das raias dos espectros, constituindo com a graduação da cabeça uma escala de 1800 partes no intervallo das duas raias A e H do espectro solar.

A *espectroscopia* constitue um methodo de analyse tão delicado, que mal póde conceber-se a sua sensibilidade e precisão.

«Divida-se, diz Dumas, um kilogramma de sal marinho em um milhão de partes, e cada uma d'estas ainda em tres milhões: uma só d'estas particulas tenuissimas basta para communicar á chamma as qualidades characteristicas pelas quaes se revela a presença do *sodio.*»

Em uma memoria, dada a lume em 1860, exprimem-se MM. Kirchhoff e Bunsen nos termos seguintes: «nous avons fait détoner trois milligrammes de chlorate de soude mélangés avec du sucre de lait, dans l'endroit de la salle le plus éloigné possible de l'appareil, tandis que nous observions le spectre de la flamme non éclairante d'une lampe à gaz; la pièce dans laquelle

s'est faite l'expérience mesure environ soixante mètres cubes. Après quelques minutes, la flamme se colorant en jaune fauve, présenta avec une grande intensité la raie caractéristique du sodium e cette raie ne s'effaça complétement qu'après dix minutes.»

«Quant à la précision des mesures, diz ainda M. Faye no *Annuaire du bureau des longitudes* de 1874, elle est telle qu'on peut répondre de la position des raies, ou plutôt de la mesure de leur longueur d'onde qui sert à les différencier, à un cent millionième de millimètre près.»

E não só os elementos constituintes d'um corpo, mas ainda os que lhe faltam, e até elementos desconhecidos são denunciados.

Por meio da analyse espectral, com effeito, descobriram Kirchhoff e Bunsen em 1860, nas aguas mineraes de Kreusnack, junctamente com o *potassio, sodio* e *licio,* dous novos metaes, cujos nomes *césio* (azul) e *rubidio* (vermelho) indicam as côres das raias que revelaram a sua existencia.

Similhantemente Crookes achou o *thallio,* e em 1865 Reich e Richter encontraram o *indio.*

Conhecem-se hoje muitos milhares de raias no espectro do Sol.

Com quatro prismas distinguiu e desenhou Kirchhoff

cerca de duas mil. Empregando nove, é tal a dispersão, que se descobrem mais de cinco mil.

Mas estas raias terão todas sua origem no Sol?

Não terá n'ellas alguma influencia a atmosphera terrestre que atravessam?

Esta questão foi em 1833 tractada por David Brewster, que mostrou que a apparição de certas raias escuras no espectro é devida á absorpção exercida pela nossa atmosphera sobre as radiações solares.

Mais recentemente M. Janssen, a quem se deve o excellente methodo seguido na observação das protuberancias do Sol fóra dos eclipses, fez um estudo especial d'este genero de absorpção.

Observando o espectro solar a diversas alturas, na planicie, nas margens do lago de Genova, na ascensão que em 1864 fez na Suissa ao Faulhorn, averiguou M. Janssen que, á medida que se elevava, diminuia gradualmente a intensidade de certas raias escuras, a que deu o nome de raias atmosphericas ou *telluricas*.

Examinando o espectro da luz de uma fogueira de pinho á distancia de 21 kilometros, achou raias escuras que occupavam a mesma posição que as raias atmosphericas no espectro do Sol.

Finalmente, enchendo de vapor d'agua á pressão de sete atmospheras um tubo de ferro de 37 metros, e fazendo-o atravessar por um forte jacto de luz, proveniente de dezeseis bicos de gaz de illuminação reunidos, viu o sabio astronomo da academia de França

apparecerem as mesmas raias escuras, que no espectro solar se tornam tanto mais intensas quanto é menor a altura do Sol.

Estes factos são concordes em mostrar que o vapor d'agua espalhado na atmosphera terrestre produz no espectro solar raias especiaes bem distinctas das que têm sua origem no Sol.

No exame do espectro do Sol, d'uma estrella, d'uma nebulosa ou d'outro astro devemos por tanto excluir as raias *telluricas,* e todas as outras terão sua origem no astro cuja constituição denunciam.

Fallando do *espectroscopo,* não podemos deixar de mencionar um instrumento interessante que o completa, e cuja idéa, devida a M. Janssen, foi ultimamente realisada por MM. Champion, Pellet e Grenier.

Referimo'-nos ao *espectronatrometro* (*a*), pelo qual se opéra a analyse *quantitativa* d'um corpo, ao passo que pelo *espectroscopo* se obtém a sua analyse *qualitativa.*

É de esperar que a applicação d'este novo instrumento, alargando o dominio do espectroscopo, dê re-

(*a*) *Comptes rendus,* primeiro semestre de 1873.

sultados summamente proficuos no estudo da constituição dos astros.

Postos assim na essencia os principios da *espectroscopia,* vejamos como este fecundo methodo de analyse nos leva á solução do problema astronomico que nos occupa.

CAPITULO II

As nebulosas

Ma surprise fut grande, lorsqu'en regardant à travers la petite lunette de l'appareil spectral je reconnus que son spectre n'avait plus cette apparence de bande lumineuse colorée qu'une étoile aurait fait naître; et qu'au lieu de la bande continue on n'apercevait plus que trois raies brillantes isolées.

HUGGINS, *Anal. spect. des corps cél.*

As nebulosas. William Herschel, Laplace e Ross. Alterações das nebulosas; a nebulosa d'*Orion*. Movimentos de *rotação* e *translação* das nebulosas. O espectro de *raias escuras* das estrellas e o de *raias brilhantes* das nebulosas. Harmonia entre o telescopio de Ross e o espectroscopo de Huggins. Exame das objecções contra a *materia diffusa*. A analyse espectral e a cosmogonia de Laplace. Catalogos de Laugier e d'Arrest, Auwers e John Herschel. Trabalhos de Frankland, Lockier e Secchi.

As manchas alvacentas, frouxamente luminosas, que vemos disseminadas na profundeza do espaço, attrahiram sempre a attenção dos astronomos pela variedade e extranheza de fórmas, e pelas idéas que têm suggerido para a formação dos mundos e constituição do Universo.

D'essas manchas, a que a apparencia de nevoa (*nebula*) valeu o epitheto de *nebulosas*, umas têm o telescopio mostrado serem grupos de estrellas distinctas: são as *nebulosas resoluveis*.

Outras têm conservado o seu aspecto diffuso no campo dos mais poderosos telescopios: são as *irresoluveis*.

Mas esta irresolubilidade provirá ainda da fraqueza dos instrumentos, ou de que na realidade a materia que as constitue seja em si mesmo *gazosa*, homogenea e irresoluvel?

Eis a questão ponderosa que tractamos de discutir.

Mesquinhas têm sido as informações dadas sobre a constituição intima das estrellas e das nebulosas pelos mais aperfeiçoados oculos e mais poderosos telescopios.

Nos grandes reflectores de Herschel e de Ross, assim como nos magnificos espelhos parabolicos de vidro prateado, obtidos pelo ingenhoso processo da *autocollimação* de Foucault, as estrellas, mostrando-se mais pequenas do que á simples vista, não passam de pontos brilhantes, sem diametro apparente; e as nebulosas persistem, na maior parte, diffusas, phosphorescentes, impenetraveis.

Os trabalhos, todavia, do conde de Ross n'estes ultimos trinta annos são um dos mais bellos trophéos da Astronomia n'este seculo.

Ao grande telescopio, por elle mesmo construido e estabelecido em 1844 em Parsonstown, condado da Irlanda, deve o sabio e laborioso astronomo as suas melhores descobertas.

Foi com este precioso instrumento que Ross resolveu em estrellas grande numero de nebulosas havidas antes como irresoluveis; e a inducção tirada d'estes

factos de resolução progressiva de nebulosas em estrellas tem sido o mais forte argumento adduzido contra a theoria da *materia nebulosa*.

A primeira nebulosa foi assignalada por Simão Marius, em 1612, na cintura de Andromeda; é visivel a olho nú. Em 1656 Huygens descobriu na constellação de Orion outra de maiores dimensões. Halley só conhecia 16. Lacaille e Messier elevaram o numero a 96. Herschel, só elle, descobriu mais de 2:000; e depois d'este infatigavel astronomo o seu numero tem crescido de modo que hoje conhecem-se mais de 5:000.

Antes de Herschel existia geralmente a crença de que todas as nebulosas eram agglomerações de estrellas. A fórma porém singular de muitas, ao mesmo tempo que a sua persistente irresolubilidade, levaram este astronomo a distribuil-as em tres classes:

nebulosas resolvidas, que o telescopio decompõe distinctamente em estrellas;

nebulosas resoluveis, grupos de estrellas que o telescopio não póde decompôr; e

nebulosas irresoluveis, massas diffusas que não são agglomerações de estrellas.

Observando e comparando attentamente as nebulosas irresoluveis, pensou o astronomo de Slough que

estas nebulosas devem concentrar-se pouco a pouco para mais tarde constituirem estrellas.

Em um grande numero com effeito notou centros já formados, onde a materia parecia mais densa e tinha mais brilho.

Em umas havia um centro unico, em volta do qual a nebulosa se arredondava. N'outras distinguiam-se dous centros mais ou menos afastados, e a sua figura era a de um systema de dous circulos que se cobrem parcialmente. Observou tambem nebulosas duplas, onde a materia parecia bipartida para se reunir separadamente em torno de dous centros visinhos. Finalmente viu que algumas estrellas, já manifestamente formadas, eram rodeadas d'uma atmosphera de materia nebulosa separada do nucleo.

D'estas observações se originou a celebre theoria de Laplace sobre a formação do nosso systema planetario.

Suppoz Laplace que o nosso Sol, os planetas que o circumdam e seus satellites, formavam primitivamente uma só nebulosa dotada d'um movimento de rotação em volta do centro, e fez ver que, em virtude d'um resfriamento progressivo, esta nebulosa devia com o tempo reduzir-se ao estado em que actualmente se acha o nosso systema planetario.

Com Herschel e Laplace crêmos na realidade da materia *cosmica* diffusa, sem comtudo abraçarmos as suas idéas sobre a condensação d'esta em estrellas.

Expondo e apreciando successivamente os argumentos pró e contra a materia diffusa, faremos o seu parallelo, do qual deve depender a opinião por que nos decidirmos.

O primeiro facto em abono da *materia diffusa* é o das mudanças que se têm operado em algumas nebulosas, mudanças demasiado graves e rapidas para que possam effectuar-se em uma agglomeração de estrellas.

Um dos mais frisantes exemplos é o que fornece a nebulosa d'*Orion*, cujo aspecto vaporoso, phosphorescente, parece já de si afastar toda a idéa de agglomeração de estrellas.

Comparando as observações de 1810 com as de 1780 e 1783, feitas com o mesmo telescopio, achou com effeito William Herschel sensivelmente mudada a fórma d'esta nebulosa. «Tenho assim provado a mudança...» disse este sabio astronomo (*Philosophical Transactions*, 1811) referindo-se á nebulosa d'*Orion*.

Attenta a enorme distancia que nos separa, parece que deveriam ser necessarios muitos seculos para se conhecer differença nas fórmas d'uma nebulosa; todavia uma discussão ha pouco levantada na sociedade astronomica de Londres entre diversos astronomos escrupulosos mostrou, perante desenhos cuidadosamente executados, que em menos de 20 annos mudanças graves se têm operado no seio da nebulosa d'*Orion*.

Se compararmos os desenhos actuaes d'esta nebulosa com os que John Herschel executou antes de 1847, encontram-se as seguintes transformações:

1.ª desappareceu a Este, proximo da bórda Sul do *sinus magnus*, um limite definido á brilhante faxa denominada *região de Huygens*, a qual se estendeu ao longo d'esta bórda a uma distancia de 180″;

2.ª a mancha que brilhava na *Ponte de Schroeter* avançou 15″ a 20″ mais para o Norte, e a *ponte* mesmo já não cruza o golfo;

3.ª a fulgente claridade da bórda Sul caminhou 10″ a 15″ mais para o Norte;

4.ª das quatro proeminencias que existiam n'esta bórda apenas se reconhece uma;

5.ª na sua parte melhor definida o lado de Oeste está 12″ mais para Oeste;

6.ª todos os pontos da bórda septentrional, a Este da *Ponte de Schroeter*, avançaram 30″ a 40″ para o Norte.

Se agora notarmos que o *sinus magnus* tem de lado a lado apenas 130″ de comprimento e 80″ de largura, acharemos que estas differenças, bem consideraveis para um tão curto espaço de tempo, são uma prova peremptoria de grandes alterações operadas na nebulosa d'*Orion*.

MM. Briot e Otto Struve julgam incontestaveis estas alterações.

Julgamos pois, com estes sabios astronomos, in-

controverso que mudanças graves tem a nebulosa de Orion soffrido desde as primeiras observações.

Entre outras nebulosas, manifestamente variaveis, devemos citar a que M. Chacornac observou proximo á estrella ζ da constellação do *Touro*. Por bem diversas phases passou esta nebulosa entre o aspecto diffuso que tinha em 1855, o brilho maximo que mostrava em 1856, e o seu completo desapparecimento em 1862.

Especialisamos ainda a nebulosa ultimamente estudada por M. d'Arrest, de Copenhague, situada ao Norte da mesma constellação. A variabilidade do seu brilho, de 1855 até hoje, é attestada não só por este sabio astronomo, mas ainda pelas observações de M. Tuttle, na America, e de MM. Schaenfeld e Huijer, no observatorio de Bonn.

Muitas nebulosas planetarias mostram ao telescopio discos tão bem definidos que podem com precisão tomar-se medidas micrometricas.

A comparação d'estas medidas, feitas em diversas epochas, tambem tem denunciado graves mudanças.

Assim M. Dawes, medindo em 1866 a nebulosa 5Σ (n.º 4234 do catalogo de sir John Herschel), achou um diametro de 15″,9, em quanto que este diametro media 8″ em 1833, 9″ em março de 1856, 8″ em junho do mesmo anno, e 9″,6 em agosto de 1864.

Em dezembro de 1865 mediu M. Huggins na nebulosa 73 H IV um diametro em ascensão recta de 30″,8,

ao passo que o mesmo diametro tinha 45″,5 em 1833, e 24″ em 1864.

Outro argumento ponderoso em favor da materia nebulosa resulta dos movimentos de *rotação* e de *translação* que se patenteiam em muitas nebulosas.

A fórma *em espiral* que apresentam certas nebulosas denuncia com effeito um movimento de *rotação*.

Obtendo com seu poderoso telescopio uma amplificação de 1:300 diametros, Lord Ross estudou e classificou cuidadosamente as 2:300 nebulosas do catalogo boreal de sir John Herschel.

Entre ellas distinguiu principalmente 15, que affectam a fórma espiral; e opina o sabio astronomo que estas, e geralmente todas as nebulosas em espiral, estão em equilibrio instavel e não podem existir n'este estado sem um movimento interior.

«O movimento de rotação, diz M. Briot, manifesta-se claramente em certas nebulosas singulares, observadas por lord Ross e por elle chamadas *nebulosas espiraes;* tal é a bella nebulosa espiral da Cabelleira de Berenice.»

Como esta, mostram a fórma espiral — a nebulosa do *Cão de caça* septentrional, onde Ross observou doze circumvoluções distinctas, e — a brilhante nebulosa da aza boreal da *Virgem*.

A fórma espiral parece indicar que o centro gyra com mais rapidez do que a periphería.

Lord Ross attribuia este phenomeno á acção d'um meio resistente, que retardaria o movimento da parte externa, e que póde ser o *ether*, o meio transmissor da luz; todavia Flammarion explica-o pelo facto mesmo da condensação.

Mostram, com effeito, os principios da Hydrodynamica que, se o volume d'um corpo fluido em movimento de rotação diminue em virtude de condensação, este movimento se accelera; e, como a condensação é mais forte no centro, o nucleo deverá gyrar mais depressa do que o contorno. Por mais lenta, diz aquelle astronomo, que seja a rotação primordial da massa diffusa, a enorme condensação, que ella experimenta no decurso dos seculos, imprimirá uma rotação rapidissima á estrella a que dér origem.

Mas, em quanto a fórma espiral revela movimento de *rotação*, outras fórmas singulares annunciam o de *translação*.

Algumas nebulosas são com effeito formadas de um nucleo e de uma nebulosidade que o segue em guisa de cauda. É o que se vê nas duas nebulosas da constellação do *Unicornio*.

O movimento d'estas nebulosas em um meio resistente, ainda que subtil, é a unica explicação plausivel de uma tal fórma. O nucleo, tendo uma grande densidade, será em seu movimento pouco influenciado pela

resistencia do meio, e caminhará adiante, ao passo que os vapores leves, soffrendo uma forte repulsão, serão retardados em seu curso, e seguirão atrás presos ao nucleo pela attracção.

Nebulosas ha que parecem ter simultaneamente os dous movimentos de rotação e translação. Tal é a bella nebulosa dos *Cães de caça*, cujas espiras e cabelleira indicam ao mesmo tempo uma rotação e uma translação.

Ha mesmo provas directas e positivas da realidade d'estes movimentos.

Observando, com effeito, a dupla nebulosa de Arcturo, achou Herschel que os eixos das duas massas ellipticas estavam em linha recta. Em 1855 já Ross os não encontrou em linha recta, mas sim parallelos. Em 1861 faziam os dous eixos entre si um angulo bem definido. É portanto obvio que uma d'aquellas massas gyra ao mesmo tempo sobre si mesma e em torno da outra, como a Terra sobre si propria e em torno do Sol.

Sendo assim summamente provaveis, senão provados, os movimentos de rotação e de translação das nebulosas, deveremos admittir que essas nebulosas sejam agglomerações de estrellas? Crêmos que não; pois seria inconcebivel um tal movimento em taes agglomerações.

O movimento de rotação faria então percorrer ás estrellas muitos milhões de legoas por segundo! As 27:500 legoas, diz Flammarion, que a Terra caminha

por hora, seriam uma grandeza desprezivel em face dos espaços immensos então percorridos pelas estrellas!

Após estes factos, que já por si tornam verosimil a existencia de *nebulosas gazosas,* veio a analyse espectral convencer-nos da sua realidade.

Vejamos como este poderoso auxiliar da Physica astronomica decide a questão.

Observando pelo methodo anteriormente descripto os espectros das estrellas, vê-se que, por mais variados que sejam, podem grupar-se em tres ordens, cujos typos são os espectros de α da Lyra, de α de Hercules e de α de Arcturo ou do nosso Sol. O conjuncto de raias characteristicas estabelecem o criterio d'esta classificação.

Todos estes espectros são formados por uma serie de faxas coloridas, cuja continuidade é apenas interrompida por numerosas raias negras. Attentos pois os principios anteriormente expostos, é mister inferir que as estrellas são constituidas por uma substancia *solida* ou *liquida* incandescente, involvida por vapores absorventes. Os espectros dos diversos metaes, juxtapostos ao da estrella, manifestam os elementos que entram na sua composição.

Deixando as estrellas, procedamos ao exame das nebulosas.

Em 1864 William Huggins, recebendo no apparelho espectroscopico a luz da pequena nebulosa (37 H IV) do *Dragão*, n.º 4373 do catalogo de sir John Herschel para 1860 (*a*), viu com surpreza, em vez de um espectro continuo e colorido, um espectro com tres *raias brilhantes* e intervallos escuros, apparencia esta que, como vimos, só póde provir de uma fonte de luz no *estado gazoso*.

D'ahi justamente concluiu o sabio professor de Nottingham que esta nebulosa não é uma agglomeração de estrellas, composta de massas solidas ou liquidas incandescentes, mas sim uma *verdadeira nebulosa*, formada de uma ou muitas massas de *gaz luminoso*.

A coincidencia d'aquellas raias com as dos espectros de alguns dos elementos terrestres, taes como o *azote* e o *hydrogeno*, provou-lhe mesmo a existencia d'estes elementos na estructura da nebulosa.

Mas, alem d'estas raias brilhantes, notava-se no espectro uma pequena faxa continua correspondente ao centro da nebulosa. D'ahi, conforme os principios da analyse espectral, inferiu M. Huggins que no meio da massa gazosa existe um nucleo incandescente, solido ou liquido, ou formado de particulas solidas ou liquidas.

«A opinião, diz M. Huggins (*b*), de que o fraco es-

(*a*) *Philosophical Transactions*, 1864, pag. 438.

(*b*) Ibidem.

pectro continuo é formado só pela luz do ponto brilhante central foi confirmada pela observação seguinte. Quando se afastava a lente cylindrica, as tres linhas brilhantes ficavam de extensão consideravel, correspondendo ao diametro da imagem telescopica da nebulosa; mas o pequeno espectro tornava-se tão estreito como uma linha, mostrando ser formado por luz que vem d'um objecto cuja imagem no telescopio é um ponto.»

Examinando a nebulosa 4390 do *Touro Poniatowski*, achou o mesmo astronomo tres raias brilhantes sem nucleo distincto.

A nebulosa (73 H IV) 4514 do *Cysne* mostrou em seu espectro as mesmas tres linhas brilhantes.

A nebulosa planetaria (I H IV) 4628, pequena, elliptica e mui brilhante, apresentou ao espectroscopo tres raias brilhantes bem claras e distinctas.

Raias vivamente coloridas mostrou tambem o espectro da nebulosa (51 H IV) 4510 do *Saggittario*.

Finalmente em sessenta nebulosas, que observou, achou Huggins um terço com espectros de *raias brilhantes*, e dous terços com espectros *continuos* entremeados de raias negras, notando que d'entre ellas todas as nebulosas resolvidas em estrellas pelo telescopio de Ross davam um espectro continuo, e que das nebulosas, que ao espectroscopo mostravam raias brilhantes, nem uma foi decomposta por lord Ross.

É com effeito o que significa o seguinte quadro,

proveniente do exame comparativo feito por lord Oxmantown das sessenta nebulosas estudadas por Huggins ao espectroscopo, e das mesmas nebulosas observadas ao telescopio por seu sabio pae, o conde de Ross:

NEBULOSAS OBSERVADAS		
Ao telescopio	Ao espectroscopo	
	Espectro continuo	Espectro discontinuo
10 agglomerações de estrellas	10	0
5 resolvidas (*a*)	5	0
16 resoluveis (*b*)	10	6
4 não resoluveis (*c*)	0	4
11 de resolubilidade desconhecida	6	5
14 não observadas por lord Ross	10	4
60	41	19

(*a*) Classificação duvidosa.
(*b*) Idem.
(*c*) Idem.

N'este quadro se vê que das sessenta nebulosas todas as que o telescopio de Ross positivamente resolveu dão um espectro continuo, e das que produzem raias brilhantes nem uma só foi decomposta pelo telescopio de Ross.

Ha pois rigorosa coherencia entre os resultados da analyse espectral e as informações do telescopio de Ross; e esse telescopio, longe de prestar argumento contra a theoria do *fluido nebuloso*, como pretendem os adversarios d'esta theoria, parece, como acabamos de ver, confirmar pelo contrario a sua verdade.

«É obvio, diz M. Huggins (*a*), que as nebulosas 37 H. IV., 6ε., 73 H. IV., 51 H. IV., I H. IV., 57 M., 18 H. IV. e 27 M. não podem mais ser consideradas como agglomerações de sóes, segundo a ordem a que pertencem o nosso Sol e as estrellas fixas. Já não temos que tractar sómente com uma modificação particular do nosso proprio typo de sóes, mas achamo-nos em presença de objectos que possuem um plano distincto e peculiar de estructura.

«Em logar de um corpo solido ou liquido incandescente, emittindo luz de todas as refrangibilidades através de uma atmosphera que intercepta por absorpção um certo numero d'ellas, como parece ser o nosso Sol,

(*a*) *Philosophical Transactions*, 1864, pag, 443.

devemos considerar esses objectos ou as suas photo-superficies como enormes massas de gazes ou de vapores luminosos. Porque se sabe que só a materia no estado gazoso emitte a luz que consiste em certas refrangibilidades determinadas, como acontece com a luz d'essas nebulosas.»

Entre as nebulosas mais notaveis de espectro de raias brilhantes, e portanto *gazosas* em sua constituição, distinguem-se: a nebulosa 4638 do *Aquario*, que, observada ao telescopio, semelha Saturno com seus anneis vistos de perfil, e cujo espectro apresenta tres raias brilhantes; a nebulosa 4514, de estructura analoga á precedente, e cujo aspecto representa o mesmo planeta e anneis vistos de frente; a notavel nebulosa 4447 annular da *Lyra* e a 4532 denominada *Dumb-Bell*, characterisadas por uma só raia brilhante; e finalmente a grande nebulosa d'*Orion*, cujo espectro guarnecem tres brilhantes raias.

Entre as nebulosas de espectro *continuo* sobresahe a grande nebulosa 116 de *Andromeda*, visivel a olho nú, cujo espectro é muito similhante ao do grupo de estrellas situado na constellação de *Hercules*.

A fraqueza notavel da luz das nebulosas de raias brilhantes vem ainda em apoio da materia gazosa; porque, ao menos na Terra, observa-se que a luz d'um *gaz luminoso* é muito mais frouxa do que a de uma substancia *solida incandescente*.

«O debil brilho d'essas nebulosas, adverte sir John Herschel (*a*), está em concordancia com as conclusões que derivam das observações d'este escripto, porque, raciocinando por analogia, segundo a physica terrestre, os gazes luminosos ou incandescentes seriam muito inferiores em esplendor á materia incandescente solida ou liquida.»

A simplicidade notavel das tres linhas brilhantes dos espectros das nebulosas é ainda uma razão em prol da opinião de que estas nebulosas não são agglomerações de estrellas, pois que esta simplicidade está em manifesta opposição com a complexa constituição dos grupos de raias escuras que nas estrellas characterisam cada substancia.

Assim opina M. Huggins, fundado na longa serie de suas observações espectroscopicas.

«Outra consideração, diz este astronomo (*b*), que se oppõe á conjectura de que estas nebulosas sejam agglomerações de estrellas, encontra-se na extrema simplicidade de constituição que apresentam as tres linhas brilhantes, quer nós as consideremos, quer não, como indicando a presença do azote, do hydrogeno ou de uma substancia desconhecida.»

Os resultados uniformes e positivos da analyse es-

(*a*) *Philosophical Transactions*, 1864, pag. 443.
(*b*) Ibidem.

pectral das nebulosas, que havemos exposto, vem pois reunir-se aos factos da *transformação, rotação* e *translação* d'aquelles astros para comprovar a realidade da existencia de nebulosas diffusas.

Passemos agora breve revista ás principaes objecções que se têm levantado contra a *materia diffusa,* e ponderemos o seu justo valor.

O primeiro e mais forte argumento que oppõem os adversarios do *fluido nebuloso* é — a inducção tirada de alguns factos.

Pois que, dizem elles, os instrumentos de Ross e da universidade de Cambridge resolveram em estrellas um grande numero de nebulosas, havidas até então como irresoluveis e formadas de materia diffusa, é verosimil que instrumentos de maior força resolveriam successivamente as nebulosas refractarias ás potencias de optica precedentes.

Este modo de raciocinar foi adoptado por alguns astronomos contemporaneos, pela vantagem de não se lhe poder oppor nenhum argumento directo. Mas a resolução de algumas nebulosas, outr'ora julgadas irresoluveis, não arrasta como consequencia necessaria a resolubilidade de todas as outras, e aquelle argumento não tem evidentemente valor real. É uma inducção in-

completa, que nenhum peso póde ter n'uma questão mathematica.

Tem-se dicto que — a materia gazosa não possuiria em si luz sufficiente para ser visivel a tão enormes distancias.

A esta consideração respondemos que bem tenue é a substancia dos *cometas*, através da qual os raios do Sol não experimentam enfraquecimento sensivel, e se divisam as estrellas, e todavia estes astros, que tanta analogia têm com as nebulosas, quer nas suas fórmas, quer na constituição de seus espectros, distinguindo-se d'ellas muitas vezes apenas por seu movimento, ficam visiveis a muitos milhões de leguas de distancia.

Alem da luz reflectida, indicada pela polarisação, mostra a analyse espectral a existencia, nos cometas, da luz directa. É o que verificou o primeiro cometa de 1870, descoberto na mesma noute por MM. Winnecke e Tempel, e observado em Paris ao espectroscopo por MM. Wolf e Rayet.

É possivel, e até provavel, que a visibilidade da substancia gazosa das nebulosas seja devida á mesma dupla origem.

Quanto ás — fórmas irregulares e phantasticas — que aparentam algumas nebulosas, podem naturalmente explicar-se pela absorpção que a luz da massa gazosa interior deve experimentar atravessando os gazes superficiaes.

As observações de Ross, Bond e outros astronomos

parecem resolver parcialmente em pontos brilhantes a grande nebulosa annular da Lyra, cujos espectros de raias brilhantes indicam uma constituição exclusivamente gazosa.

Ainda nada concluem as observações d'estes sabios contra a *materia diffusa;* porque, acceitando mesmo taes observações como expressão da realidade, fica na theoria que abraçamos plenamente explicado o phenomeno, logo que consideremos aquellas nebulosas como agglomerações de massas gazosas distinctas.

Partidario do *fluido nebuloso,* não acceitamos todavia a theoria *cosmica* de William Herschel, adoptada na cosmogonia de Laplace, na qual as nebulosas, condensando-se, dão logar ás estrellas.

A analyse espectral torna com effeito inverosimil esta theoria.

Se realmente das nebulosas se gerassem as estrellas, deveriam encontrar-se n'aquellas os elementos constituintes d'estas; e os espectros das nebulosas apresentariam raias brilhantes coincidentes com as raias negras dos espectros estellares.

É isto o que se não observa. São tão simples e uniformes os espectros das nebulosas, e tão complexos e variados os das estrellas, que á vista d'elles desappa-

rece toda a idéa de condensação de nebulosas em estrellas.

Poderia replicar-se que — as nebulosas representam a materia cosmica primordial, mais simples, da qual se elaborariam os diversos elementos que hoje se encontram nas estrellas.

Mas então deveriam existir nebulosas de *transição* em differentes estados de adiantamento, mostrando em seus espectros um numero de raias tanto maior, quanto mais a nebulosa tivesse avançado no seu progresso para se converter em estrella.

Taes nebulosas de transição não se conhecem. O maximo numero de raias brilhantes que se observa no espectro de uma nebulosa é quatro, ao passo que uma enorme quantidade de raias escuras se descobrem no espectro de uma estrella. Assim em Aldébaran e α de Orion tem-se desenhado mais de 80, sendo incalculavel o numero de raias finas que se divisam nos espectros d'estas estrellas. Entre estes extremos não existem termos medios.

Parece pois verosimil que as estrellas não têm o seu primordio nas nebulosas.

Entre os estudos notaveis que se hão feito sobre nebulosas merecem especial menção os que ultimamente se devem a MM. Laugier e d'Arrest, Auwers e John Herschel.

Após extenso curso de observações, feitas com summo cuidado e com os melhores instrumentos, têm estes astronomos escrupulosamente construido preciosos catalogos de nebulosas.

Ha dezoito annos MM. Laugier e d'Arrest, procurando determinar não só o movimento de translação do systema solar na Via Lactea, mas ainda o movimento d'esta no espaço, tractaram para esse fim de construir um catalogo, onde se encontrasse a descripção das *fórmas* e *posições* exactas das nebulosas.

M. Auwers continuou o trabalho de Laugier e d'Arrest, publicando em 1860 um catalogo de 40 nebulosas, melindrosamente observadas com o heliometro do observatorio de Koenigsberg.

Mas de todos os catalogos até hoje publicados o mais completo é sem duvida o que devemos a sir John Herschel.

Este grande trabalho, onde se acham inscriptas 5:078 nebulosas, é o conjuncto das observações mais exactas que sobre as nebulosas se têm feito até nossos dias.

A comparação das fórmas e posições exaradas n'este catalogo com as que mais tarde se observarem poderá de futuro determinar as alterações e movimentos proprios das nebulosas, nomeadamente da nossa Via Lactea; e d'este modo fornecerá relevantissimas informações para o conhecimento da constituição geral do Universo, e particularmente do nosso systema solar.

São ainda dignas de registrar-se nos annaes da sciencia astronomica as experiencias e investigações a que MM. Frankland e Lockier, na Inglaterra, e o R. P.ᵉ Secchi, na Italia, se entregam ha muitos annos sobre os espectros dos gazes e dos vapores em condições variadas de pressão e temperatura.

Os resultados já obtidos por estes laboriosos observadores, que continuam a votar-se com ardor a este genero de estudo, são bastante graves, e constituem mais um passo na escabrosa via que conduz ao conhecimento, talvez não muito afastado, da verdadeira constituição physica do Sol, das estrellas e das nebulosas.

EPILOGO

L'histoire de chaque Monde, considéré dans sa constitution et dans ses évolutions doit donc se rattacher intimement à l'histoire de la vie des autres Mondes auxquels il est uni; les événements que nous voyons sur la Terre, ne sont par conséquent que la continuation de l'histoire commencée dans d'autres sphères plus étendues et qui doivent se dérouler aussi au delà de nous.

ZEBROWSKI, *Architectonique univers.*

Contestando-nos o direito da applicação aos astros dos principios da analyse espectral, deduzidos do exame de factos terrestres, poderia alguem replicar que, com quanto na Terra — cada substancia tenha em seu espectro suas raias characteristicas e invariaveis — póde esta lei não se verificar nas nebulosas, ou mesmo serem raias identicas indices de elementos differentes na Terra e nos astros, e por tanto denunciar um espectro de raias brilhantes nos corpos da Terra o *estado gazoso*, e todavia provir sobre o astro de uma substancia n'um estado differente.

A esta objecção infundada responderiamos: que longe estamos já do tempo em que vaidosamente se cria que a Terra era o fructo d'uma creação especial, e que em volta d'ella humildemente circulava o majestoso cortejo do Sol, das estrellas, dos planetas, de myriadas de astros brilhantes; que Ptolomeu e Tycho-Brahe deixaram definitivamente o logar a Copernico; que o nosso mundo não é senão uma individualidade no meio

de um infinito numero de mundos mais ou menos similhantes, e n'este immenso complexo, em quanto uns começam, outros estão em pleno desinvolvimento, e outros terminam sua carreira, absolutamente como os seres vivos que povoam o nosso pequeno globo terrestre; que a harmonia geral da grande machina do Universo exige em todas as suas partes as mesmas leis; que a *constituição* e *evolução* da Terra, prototypo dos mundos, devem pois ser a continuação da constituição e evolução dos outros mundos; que, finalmente, as leis dos phenomenos da materia, e particularmente as da *luz*, devem ser sempre as mesmas na Terra e nos outros mundos, e por tanto, se na Terra certas raias characterisam um determinado elemento, as mesmas raias serão sobre o astro denunciantes do mesmo elemento; e se um espectro de raias brilhantes é nas substancias terrestres character privativo do *estado gazoso*, será tambem sobre o astro aquelle espectro privilegio exclusivo do mesmo estado.

Ponderando, pois, os argumentos que expozemos no decurso d'este trabalho em favor e contra a *existencia de nebulosas gazosas*, julgamos poder decidir-nos pela affirmativa n'esta questão momentosa.

Em verdade, perante os factos de *transformação*, *rotação* e *translação* das nebulosas, e em presença, sobretudo, dos resultados positivos da *analyse espectral*, caducam a inducção imperfeita e as frageis conjecturas adduzidas pelos adversarios da materia diffusa.

Existem pois *verdadeiras nebulosas,* constituidas por um gaz luminoso.

Que estas nebulosas não são a materia primitiva, cahotica, elementar, donde se hão formado o Sol e as estrellas, é o que tambem, contra as previsões de Kepler, Herschel e Laplace, parecem mostrar as observações espectroscopicas.

Mas então o que são as *verdadeiras nebulosas* na cosmogonia do Universo?

Em que se tornam, com o andar dos seculos, estes astros que parecem condensar-se em volta de nucleos já formados, simulando estrellas em via de formação?

Não permitte dizel-o o estado actual da sciencia astronomica; nem mesmo nos cumpre tractar aqui tão graves problemas.

Crêmos peremptoriamente provada a realidade de *nebulosas diffusas:* eis a questão que nos propozemos resolver.

Da *analyse espectral,* que tão fecundos resultados está dando no estudo da — constituição dos astros — esperamos convictos a solução d'esses grandes problemas cosmogonicos.

FIM.

INDICE

PREAMBULO

Importancia da questão

CAPITULO I

A analyse espectral

CAPITULO II

As nebulosas

EPILOGO