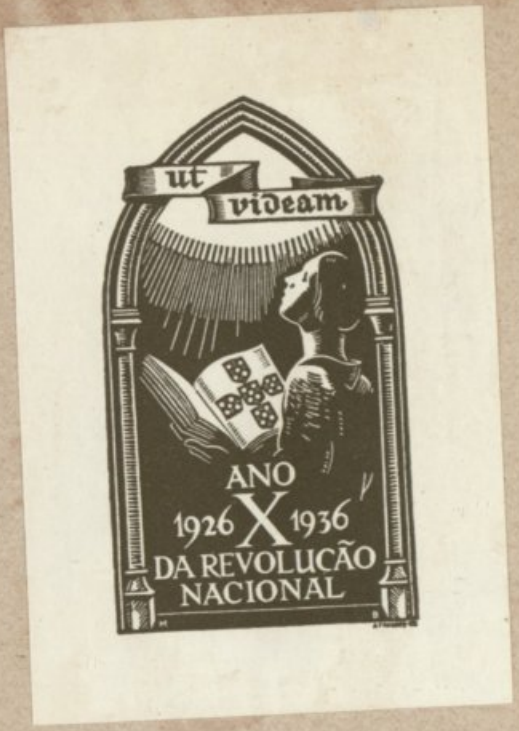

DISSERTAÇÃO DE CONCURSO

PARALLAXE SOLAR

METHODOS DA SUA DETERMINAÇÃO

POR

Antonio Zeferino Candido da Piedade

DOUTOR EM MATHEMATICA E BACHAREL FORMADO EM PHILOSOPHIA
PELA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

COIMBRA
IMPRENSA DA UNIVERSIDADE
1877

AOS

SEUS PREZADISSIMOS AMIGOS

Manuel Emygdio Garcia

Francisco Augusto Corrêa Barata

Bernardino Luiz Machado Guimarães

Off.

O auctor.

Meus amigos

Em quanto vós andaveis divagando pelo norte refazendo o corpo e o espirito das canceiras litterarias d'esta nossa vida de Coimbra, escrevia eu, preso à mesa do estudo, essas poucas e pouco valiosas paginas que ides ler. Nesses momentos pensava repetidas vezes em vós, e, se vos tinha inveja pela vida descuidada que passaveis, não deixava por isso de vos desejar menos essa passageira pausa nas vossas bem proficuas labutações. Veio d'ahi a ideia de vos offerecer este opusculo com todos os fastios d'uma dissertação escolar e d'uma auzencia quasi absoluta de erudição scientifica e educação litteraria. Como é, sei que ninguem mais lhe desculpa os vicios e aprecia a sinceridade com que vol-a offerece

o vosso dedicado amigo

Antonio Zeferino Candido.

Coimbra, 30 de agosto de 1877.

I

> En Astronomie, l'art d'observer, qui n'est que le fondement de la science, est lui-même une très-grande science.
>
> FONTENELLE.

A determinação das distancias a que os corpos celestes se encontram uns dos outros é e tem sido um problema capital em astronomia.

Pelo conhecimento das distancias adquire o homem a ideia da organisação do systema planetario, das suas dimensões, posições relativas dos seus elementos, e, emfim, o que mais é, póde medir as influencias reciprocas d'esses elementos.

A distancia a que se passa um phenomeno physico é, como todas as leis conhecidas claramente o indicam, um elemento essencial da sua manifestação qualitativa e quantitativa.

Pondo de parte as distancias das estrellas, para medir as quaes é força confessar que a sciencia é ainda impotente, não tractando mesmo dos cometas que, pela desconhecida variabilidade das dimensões das suas orbitas, se subtráem a uma analyse determinativa da sua collocação no espaço,

ficam-nos as distancias dos planetas e seus satellites, distancias que a sciencia sabe determinar, e que estabelecem a base de ulteriores e mais latas averiguações.

Problema de tamanha consideração não espanta que o seu estudo preoccupasse o homem desde os tempos mais antigos da sua vida contemplativa e descrutinadora das maravilhas da natureza. Se não fosse o fim especulativo da determinação do arranjo mechanico do mundo, seria o desejo de conhecer as relações dos corpos celestes com a terra quem naturalmente levaria o espirito de nossos antepassados ao estudo da questão.

Assim é que Pythagoras, que viveu seis seculos antes da nossa era, apresentou uma determinação da distancia da Lua á Terra. Aristrarco de Samos, um dos maiores vultos da astronomia antiga, calculou, com pequeno erro, a mesma distancia, por um methodo apreciavel, e teve a felicissima ideia de aproveitar esta distancia para, pela repetição do mesmo methodo, determinar a distancia do Sol á Terra. Passava-se isto tres seculos antes da era christã.

Hiparco, quasi dois seculos mais tarde, determina a distancia lunar com muita mais approximação do valor que actualmente se lhe dá, e expõe um novo e engenhoso methodo para calcular a distancia do Sol á Terra.

Se, pois, o problema das distancias planetarias é relativamente moderno e ainda hoje em via de organisação, o seu conhecimento, a importancia e as tentativas da sua resolução, são de remota data.

A falta de meios de observação explica o atrazo de tão uteis conhecimentos.

Kepler, um dos fundadores da astronomia moderna, estabelecendo, por uma das suas leis, a relação entre as distancias dos planetas ao Sol e os periodos das suas revoluções em torno d'este astro central, dava o meio facil de determinar todas as distancias, quando uma fosse conhecida.

Ao mesmo tempo, as outras leis estabeleciam a fórma e posição das orbitas, bem como a marcha dos diversos planetas sobre ellas, determinando a sua velocidade nos diversos pontos.

«Escolhendo arbitrariamente, diz Delaunay [1], um certo comprimento para representar uma qualquer das dimensões d'este systema de orbitas, poder-se-ia construir sobre este comprimento como base uma figura *similhante* á do systema, isto é, uma figura cujas dimensões estivessem todas n'uma mesma relação de grandeza com as dimensões correspondentes do systema das orbitas planetarias. Poder-se-ia, em summa, formar a *carta* fiel do systema planetario, como sobre a terra se fórma a carta d'uma porção de terreno. Uma unica cousa faltaria a esta carta: o conhecimento da *escala* pela qual deveria ser construida, ou, por outras palavras, o conhecimento da relação de grandeza que existe entre uma qualquer das dimensões do systema planetario e a dimensão correspondente da carta.»

É ao conhecimento da distancia da Terra a um dos planetas que fica reduzido o problema que estamos analysando,

---

[1] *Notice sur la distance du Soleil à la Terre* — Annuaire pour l'an 1866, publié par le Bureau des Longitudes.

e de cujo conhecimento resulta por fim a determinação da distancia do Sol á Terra, ou do raio da orbita terrestre.

Parece á primeira vista que a determinação d'esta distancia é de extrema simplicidade pelos principios da trigonometria, applicados do mesmo modo que se applicam na topographia á determinação da distancia entre dois pontos, por meio d'uma triangulação.

Escolhidos dois pontos A e B sobre a terra, e medida a sua distancia AB, bem como os angulos formados por esta linha com os dois raios visuaes AC e BC tirados das duas estações para o astro C, têm-se os elementos para o calculo do triangulo, e portanto para a determinação dos lados AC e BC, que marcam as distancias dos pontos escolhidos ao astro. Por mais afastados, porém, que sejam tomados os dois pontos, por mais favoraveis a todos os respeitos que sejam as circumstancias da observação, por mais cautelosas emfim que sejam todas as operações, os erros da determinação da distancia procurada serão enormes, qualquer que seja o astro a que o methodo se applique, attendendo á desproporção dos elementos do triangulo assim formado.

Quando os dois pontos A e B são os extremos d'um raio terrestre, o angulo C tem o nome de *parallaxe do astro,* angulo debaixo do qual seria visto do centro do astro o raio da terra. Este angulo, a cujo conhecimento preciso se reduz, em ultima analyse, o conhecimento da distancia do centro do astro ao centro da Terra, é sempre muito pequeno, e tanto mais pequeno quanto maior é a distancia a que está o astro considerado. Assim é que para o Sol, e segundo as medidas baseadas nas passagens de Venus de 1761, que não inspi-

ram ainda grande confiança, este angulo se acha calculado em 8″,91, correspondente a uma distancia de 148 milhões de kilometros.

O unico astro para o qual este methodo trigonometrico convenientemente empregado póde produzir um resultado aproveitavel é a Lua, em razão da sua pequena distancia da Terra em relação ás distancias dos outros astros. E por isso que os antigos astronomos, que não conheceram outro meio, e para os quaes os processos de observação eram relativamente máus, ainda assim possuiram, como já dissemos, um conhecimento muito acceitavel da distancia do nosso satellite ao planeta em torno do qual gravita. É a mesma razão por que ficaram na mais errada estimativa sobre a distancia dos outros planetas, e nomeadamente do Sol que, primeiro que tudo, os preoccupava.

É certo que a tentativa de Aristrarco para medir a parallaxe solar, substituindo ao triangulo que tem dois vertices na terra, um outro que tem um vertice no planeta, outro na Lua, outro no Sol, merece a mais devida attenção a quem queira ser justo para com os serviços dos antigos.

Aristrarco, partindo do conhecimento da distancia da Lua á Terra, e observando o angulo subentendido pelos raios visuaes tirados do mesmo ponto da Terra para os centros da Lua e do Sol, no instante preciso d'uma das quadraturas do nosso satellite, deduzia d'ahi a hypothenusa assim formada, ou a distancia do Sol á Terra.

Os meios improficuos de que dispunha para observar, e a grande difficuldade da apreciação do instante preciso da quadratura, produziram o grande erro da sua avaliação. Aris-

trarco calculou pelo seu methodo que a distancia do Sol á Terra seria de 1140 raios terrestres e a parallaxe solar de 3 minutos; resultado, como se vê, muito errado. Nem por isso podemos despresar tão arrojada concepção, nem mesmo o valor práctico d'um methodo que mais tarde, quando o renascimento da sciencia astronomica dava ao homem meios poderosos de observação, alcançava resultados muito mais proximos dos que hoje são geralmente recebidos como bons.

O mesmo Kepler recommenda nas suas ephemerides para o anno de 1619 que se repitam com os novos instrumentos e em melhores condições as tentativas de Aristrarco. Os trabalhos ulteriores baseados neste methodo conduziram effectivamente ao valor de 15 segundos para a parallaxe solar, valor como se vê muito mais proximo da verdade.

Seculo e meio mais tarde, o grande Hiparco fazia um novo esforço, realmente notavel e engenhoso, para resolver o problema, por um meio novo e muito diverso.

Sabe-se que o eclipse da Lua consiste na interposição d'este astro no cone de sombra produzido pela opacidade da Terra. Determinando os instantes da *entrada* e da *sahida* da Lua no cone de sombra e a velocidade do movimento do astro, vê-se claramente como se póde calcular a largura do cone na região percorrida, e d'ahi, por principios elementares de geometria, se determina a distancia pedida. O methodo de Hiparco, baseado na observação dos eclipses da Lua, é theorica e verdadeiramente comprehensivel e racional.

Na práctica, porém, as difficuldades são por tal fórma numerosas e importantes que lhe dão um valor muito inferior ao de Aristrarco. Os instantes do principio e fim do eclipse

da Lua, em consequencia das variações luminosas do campo da observação, não podem ser apreciados com precisão; e o mais pequeno erro produz grandes differenças no resultado. As fluctuações da atmosphera, as variações das circumstancias cosmicas nas duas epochas, são outra causa poderosa de grandes erros. Por ultimo a relação entre as grandezas da largura do cone de sombra e da distancia procurada, tornaria extremamente pouco sensiveis no resultado os erros commettidos na medição d'aquella largura.

Deixando assim de parte os meios empregados pela astronomia antiga, depois de termos mostrado a importancia da determinação das parallaxes, e nomeadamente da parallaxe solar, vamos percorrer o estudo da questão no curto, mas verdadeiramente admiravel periodo da moderna astronomia, que teve o seu nascimento no seculo XVII com os trabalhos momentosos d'uma pleiade de incomparaveis genios.

Neste espaço de dois seculos pasma o espirito contemplativo ao ver a maravilhosa e successiva transformação dos meios de observação. Pasma o espirito ao ver o estado de precisão miraculosa a que a arte de observar chegou nos nossos dias, affirmando á evidencia a sentenciosa phrase de Fontenelle — «En Astronomie, l'art d'observer, qui n'est que «le fondement de la science, est lui-même une très-grande «science.»

II

Os rapidos progressos da astronomia desde o seculo XVII, creando novos e successivamente melhores meios de observação, produzindo em cada dia noções mais exactas sobre a constituição do mundo planetario, trouxeram comsigo, e naturalmente tambem, a descoberta de novos e mais perfeitos methodos para a determinação das parallaxes, e, especialmente da parallaxe solar.

O conhecimento das posições relativas dos planetas principaes fez lembrar, attendendo á terceira lei de Kepler e á proximidade relativa de Venus e Marte á Terra, a conveniencia de substituir a determinação directa da parallaxe solar pela determinação da parallaxe d'um d'estes dois planetas.

Exceptuando a Lua, os corpos que mais proximos passam da Terra são—Venus na sua *conjuncção inferior,* e Marte na sua *opposição*. Venus, passa então a uma distancia da Terra que é menos de um terço da distancia media do Sol, e Marte a meio d'aquella mesma distancia. A substituição de um

d'estes dois planetas pelo Sol, para a determinação da parallaxe, é, portanto, de visivel vantagem.

Alem d'isso, sendo necessario, para determinar a parallaxe do astro a que nos referirmos, determinar a sua posição no instante em que se observa, e sendo o melhor meio de alcançar similhante fim referir a posição do astro á posição de uma estrella proxima e em convenientes circumstancias, a substituição do Sol por Venus ou Marte tem a vantagem de permittir esta referencia, que com o Sol é impossivel, attendendo á sua illuminação.

Dos dois planetas, porém, embora Venus pela sua maior proximidade devesse ser preferido, só as opposições de Marte podem ser sempre aproveitadas, porque, estando este planeta directamente opposto ao Sol, a observação é sempre feita de noite.

Em quanto ás conjuncções de Venus, umas são feitas de forma que para o observador o planeta se projecta no disco solar, outras, e o maior numero, em consequencia do afastamento do astro dos nódos da sua orbita, apresentam o mesmo astro n'um ponto do céu mais ou menos afastado do Sol.

Ficando, em todo o caso, o astro e o Sol do mesmo lado do observador, a passagem será feita á luz do dia, e as vantagens que ficam enumeradas não terão logar, senão nos casos excepcionaes em que o Sol esteja um pouco abaixo do horisonte e Venus um pouco acima. Só poderão fazer-se observações aproveitaveis um pouco antes do nascer do Sol, ou um pouco depois do seu occaso.

Pondo assim de parte as conjuncções de Venus, nas quaes este astro se projecta no disco solar, conjuncções estas que

têm logar com intervallo de mais de cem annos, sendo duas consecutivas com o intervallo de oito annos, e pondo estas de parte, porque, como veremos, ellas constituem outro methodo, e o melhor, para a determinação da parallaxe do Sol, ficam-nos as observações de Marte em opposição, que são sempre possiveis em boas condições de observação, e algumas, rarissimas conjuncções de Venus, em circumstancias excepcionaes e pouco convenientes. A observação será muito curta e as influencias atmosphericas muito pronunciadas.

Não temos até aqui falado na influencia que as excentricidades das orbitas planetarias produzem no phenomeno.

Facil é, porém, de vêr que, variando, em virtude d'ellas, a distancia dos planetas ao Sol, não serão egualmente boas todas as observações. Assim, das opposições de Marte serão preferiveis aquellas em que, estando a Terra no seu *aphelio*, Marte esteja no *perihelio*. Então, estando a Terra o mais afastada possivel do Sol, e Marte no ponto mais proximo da sua orbita ao mesmo astro central, a distancia dos dois astros considerados será a menor de todas as que se podem aproveitar.

Eguaes considerações nos levariam a escolher para Venus a posição do seu *aphelio* e para a Terra a do seu *perihelio*.

É claro que, não sendo estas absolutas condições realisaveis, senão em casos extremamente excepcionaes, ellas servem tão sómente para indicar um limite de comparação.

É segundo estes dois methodos de observação, e pelo emprego das considerações trigonometricas que foram expostas, que uma grande serie de trabalhos foi executada no se-

culo XVII e XVIII, abrindo uma nova epocha no estudo de tão momentosa questão.

Em 1672 a Academia franceza enviou Richer a Cayenna, onde foi feita a primeira observação de opposição de Marte que a historia menciona, para a determinação da parallaxe d'este planeta e portanto do Sol.

Ao mesmo tempo, Dominique Cassini e Roemer faziam numerosas observações em Paris de accordo com Richer, chegando a realisar, em logares tão afastados, medidas referidas á mesma estrella.

Em resultado d'estas primeiras e curiosas observações, a parallaxe de Marte foi fixada em $25''\frac{1}{8}$, que dava para a parallaxe solar o numero $9''\frac{1}{2}$, muito differente, como se vê, do que até ahi se conhecia, dado pelos velhos methodos de Aristarco e Hipparco.

É certo, porém, que os resultados dos memoraveis trabalhos emprehendidos pela nascente Academia, não mereceram geral confiança. Os dados das observações foram cuidadosamente aproveitados e discutidos; os calculos verificados e refeitos por diversos sabios e em diversos paizes, e uma notavel discordancia sahiu d'este trabalho.

Picard, comparando as observações de Richer com as que elle proprio executára em Anjou, achou nulla a parallaxe de Marte.

Pela sua parte Cassini, contraprovando as observações de Picard, mostrou que ellas comportavam um erro proximamente egual ao valor dado para a parallaxe de Marte; repetindo a comparação dos seus trabalhos com os de Richer,

achou $25''\frac{1}{3}$ para o valor procurado; finalmente, empregando exclusivamente os seus dados e o methodo que permitte calcular a parallaxe por observações de um unico logar, achou sensivelmente o mesmo valor.

Picard, applicando este mesmo methodo aos dados por elle observados, achou um numero duplo do que dava Cassini. La Hire, fazendo tambem o calculo com os resultados das suas observações feitas em Paris, achou que a parallaxe do Sol devia ser insensivel.

«A peine avous-nous trouvé, diz La Hire, une parallaxe sensible dans le Soleil; ainsi l'on peut en sureté la négliger si on le juge à propos.»

Este estado de duvida e indecisão foi, porém, consideravelmente attenuado pela opinião de Flamsteed, que observava Marte em Derby ao mesmo tempo que Richer o observava em Cayenna. Este notavel astronomo, um dos mais considerados do seu tempo, e muito respeitado em Inglaterra, onde dirigiu o primeiro observatorio do reino unido, achou para parallaxe de Marte um valor inteiramente concordante com o que resultava das observações de Richer e Cassini, e o valor de $9''\frac{1}{3}$ foi geralmente adoptado para a parallaxe solar, o que não obstou, porém, a que persistissem reservas, e desejos de ulteriores e repetidas verificações.

No numero d'estas novas tentativas figuram, como mais notaveis, os trabalhos de La Caille executados no Cabo da Boa Esperança, observando Marte e Venus em passagens favoraveis, nos annos de 1751 e 1752. O valor da parallaxe

solar augmentou um pouco com estes novos resultados, sendo fixado em $10''\frac{1}{4}$.

Uma geral esperança de melhores determinações animava por este tempo o mundo sabio. Edmond Halley, o grande astronomo e viajante inglez, o *incomparavel,* segundo Weidler, o *Tycho do Sul,* segundo o seu antecessor na direcção do Observatorio real, tendo observado em 1677 uma passagem de Mercurio sobre o disco solar, e concluido um valor extremamente errado para a parallaxe d'este planeta, dizia, por esse tempo, e a este proposito: — «Mas não ha senão um genero de observações que poderá, no futuro seculo, fazer conhecer *com exactidão* a distancia do Sol á Terra: é quando Venus se achar sobre o disco do Sol (5 de junho de 1761). Então, a parallaxe de Venus será quasi o triplo da do Sol; as observações serão faceis, e conhecer-se-ha tudo quanto é preciso para a industria dos mortaes.»

Por este modo e em consequencia das suas minuciosas indicações, tanto sobre a natureza dos dados necessarios, como do calculo ulterior baseado sobre elles, como ainda e principalmente dos meios de observação que deviam empregar-se, eram estabelecidas as bases do methodo mais precioso que a sciencia possue para o calculo da parallaxe do Sol, e dava-se começo a uma serie de esforços, trabalhos e aperfeiçoamentos da arte de observação, que marcam um dos mais gloriosos tropheus da epocha actual.

O methodo *das passagens de Venus,* um dos mais perfeitos das sciencias de observação, ao mesmo tempo que representa o passo mais avançado da sciencia na resolução do

grande problema das parallaxes, serve de thermometro para medir a grandeza do aperfeiçoamento da industria humana.

Não é nosso intento estudar o problema da determinação das parallaxes debaixo do ponto de vista dos methodos de calculo para esse fim empregados. Tão pouco pretendemos fazer uma apreciação, com visos de decidida critica, dos variados methodos pelos quaes se obtem os dados indispensaveis para similhante determinação.

Seria prolixo trabalho a analyse de outros tantos problemas de secundaria importancia, hoje geralmente postos de parte, e largamente apreciados já. Damos como certo que o methodo das *passagens de Venus* tem decidida primazia na questão; que todos os outros, dignos de alguma fé e valor absoluto, apenas têm importancia relativa como meios de verificações repetidas, sempre convenientes em problemas d'esta natureza, e da mais valorosa estima pelo facto impreterivel do grande intervallo que separa a producção do phenomeno.

Se estamos fazendo uma ligeira apreciação historica das phases do problema que nos occupa, é mais com o valor de architectar um estudo no tempo e no espaço, do que com o desejo de repetir velhas apreciações.

Fazer o esboço dos diversos methodos empregados para a observação das passagens de Venus; comparar a todos os respeitos o seu valor; mostrar a importancia geral de similhantes trabalhos; e por ultimo os resultados obtidos por elles, tal é o nosso verdadeiro fim e a que directamente estamos chegados.

Unicamente, e antes de entrarmos neste definido proposito,

pelas mesmas razões que deixamos expostas, lembraremos que as observações da passagem de Mercurio sobre o Sol não valem, por bem averiguados motivos, as de Venus.

Como veremos, esta ordem de observações dá a parallaxe relativa do astro projectado para a do Sol, relação da qual se deduz em seguida a parallaxe do astro central.

Ora, sendo Mercurio o planeta mais proximo do Sol, e muito mais do que Venus, resulta para aquelle astro uma parallaxe relativa muito mais pequena que a de Venus, e tão pequena que é inferior á do Sol; circumstancia esta que, tornando muito sensivel o erro commettido na apreciação da parallaxe relativa do astro considerado, na sua influencia sobre a parallaxe solar, põe fóra do campo este methodo em comparação com o que principalmente nos preoccupa.

Emfim, para sermos completos na indicação de methodos conhecidos, embora superficiaes na sua apreciação que damos por ultimada, resta-nos fallar dos indirectos, que, com o mesmo fim, são e têm sido indicados.

São tres estes methodos, por cada um dos quaes se determina a parallaxe solar, partindo de relações estabelecidas entre ella e outras grandezas, directamente medidas ou indirectamente calculadas.

Entre as desegualdades lunares, a que é conhecida pelo nome de *equação parallactica* é a que adquire valores consideraveis e que é proporcional á relação das distancias medias da Lua ao Sol. Um dos methodos indirectos, a que nos estamos referindo, consiste em determinar esta relação das distancias, de fórma que as posições calculadas da Lua coincidam com as posições observadas. Em seguida, pelo conheci-

mento d'esta relação e da distancia que vai da Terra á Lua, determina-se a distancia da Terra ao Sol.

Em consequencia da acção perturbadora da Lua no movimento de translação da Terra, é este movimento affectado d'uma desegualdade notavel, chamada *equação lunar do Sol.* O conhecimento d'esta desegualdade origina, pelos mesmos principios que ficam expostos, um segundo methodo indirecto do calculo da parallaxe solar.

Finalmente, determinando, por uma parte a relação da velocidade media da Terra, no seu movimento de translação, para a velocidade da luz, e por outra a velocidade absoluta do agente luminoso, ter-se-ha em seguida a velocidade media da Terra na sua orbita. Por ahi e pelo conhecimento do tempo empregado, obtem-se a grandeza da orbita, e por ultimo o comprimento do seu semi-eixo, que é a distancia procurada.

Não nos demoraremos na apreciação d'estes tres methodos. A rapida exposição que fica feita, comparada com a reconhecida incerteza de todos os dados em que taes methodos se fundam, convence bem o espirito da secundaria valia d'elles.

III

Da combinação do movimento de translação dos dois planetas—Terra e Venus, resulta que o segundo se interpõe frequentes vezes entre o primeiro e o Sol. Se os tres corpos existissem constantemente no mesmo plano, o observador collocado sobre a Terra, veria, em cada uma d'essas interposições, o disco escuro de Venus projectar-se sobre o disco luminoso do Sol, atravessando-o n'um determinado sentido e segundo uma corda determinada, com velocidade que tambem se sabe determinar.

Em virtude, porém, da obliquidade da orbita de Venus sobre o plano da ecliptica, a sombra d'este planeta sómente se projectará no disco solar, quando o mesmo planeta se encontrar, no acto da sua conjuncção inferior, muito proximo dos nódos da sua orbita. Esta circumstancia excepcional que se sabe determinar pelo conhecimento dos movimentos planetarios, dependente, como se vê, das posições relativas de Venus e da Terra, origina as maravilhosas observações da passagem de Venus sobre o disco do Sol, em que Halley

fundamentou o melhor methodo hoje conhecido para a medida da parallaxe solar.

Comparando os tempos das revoluções dos dois astros em torno do Sol, attendendo á inclinação das orbitas e ás longitudes dos nódos, acha-se que as conjuncções inferiores que produzem o phenomeno da projecção no disco do Sol, têm logar sensivelmente em periodos separados pelo intervallo de mais de cem annos, havendo dois consecutivos no intervallo de oito annos. Estando actualmente a Terra nos dois nódos da orbita de Venus, sendo vista do Sol na epocha dos solsticios, resulta que será nestas occasiões (dezembro e junho) que os phenomenos em questão terão logar.

As primeiras observações foram feitas no seculo passado, nas duas passagens consecutivas de 1761 e 1769.

O quadro seguinte mostra as epochas do phenomeno até ao fim do seculo XXX, com a indicação do tempo que dura a passagem, e bem assim a parte, austral ou boreal, do disco do Sol, que é atravessada pelo planeta, e que indicamos pelas duas letras A e B.

Como se vê d'este quadro, as passagens de Venus fazem-se por grupos de duas, separadas pelo intervallo de oito annos, e sendo estes grupos distanciados por um periodo que é alternadamente de cento e cinco e cento e vinte e dois annos.

Antes das duas observações do seculo passado havia já sido feita uma outra e a antecedente, ultima do seculo XVII, em 4 de dezembro de 1639, que não apresentâmos no quadro pela diminuta importancia d'ella.

A passagem de 1761, primeira do quadro, foi tambem a

primeira a que foi applicado o methodo de Halley, segundo todas as suas indicações.

			Duração	
1761...	5 de junho.....	$17^h 44^m 34^s$...	$6^h 16^m$...	A
1769...	3 de junho.....	10 7 54...	4 0...	B
1874...	8 de dezembro...	16 17 44...	4 11...	B
1882...	6 de dezembro...	4 25 44...	6 3...	A
2004...	7 de junho.....	21 0 44...	5 30...	A
2012...	5 de junho.....	13 27 0...	6 42...	B
2117...	10 de dezembro...	15 6 37...	4 46...	B
2125...	8 de dezembro...	3 18 40...	5 37...	A
2247...	11 de junho.....	0 30 23...	4 16...	A
2255...	8 de junho.....	16 53 56...	7 12...	B
2360...	12 de dezembro...	13 59 9...	5 25...	B
2368...	10 de dezembro...	2 10 2...	4 59...	A
2490...	12 de junho.....	3 58 35...	2 4...	A
2498...	9 de junho.....	20 21 2...	7 33...	B
2603...	15 de dezembro...	12 54 16...	5 53...	B
2611...	13 de dezembro...	1 11 12...	4 30...	A
2733...	15 de junho.....	7 23 56...	incerta...	A
2741...	12 de junho.....	23 43 59...	7 46...	B
2846...	16 de dezembro...	11 53 15...	6 14...	B
2854...	14 de dezembro...	0 13 29...	3 48...	A
2984..	14 de junho.....	3 2 22...	7 52...	A

Se d'um certo logar da Terra observarmos o phenomeno da passagem de Venus, veremos este astro entrar no disco e percorrer de oriente para occidente uma certa corda, e em-

pregando para isso um certo tempo que geralmente se aproxima muito de 4 horas.

Um segundo observador collocado n'outra e distante estação, verá o mesmo phenomeno, mas sendo diversa a corda seguida pelo astro, e geralmente diverso tambem o tempo da duração da passagem.

A diversidade da posição das cordas percorridas provem da diversidade parallactica do Sol e de Venus para a corda do espheroide terrestre correspondente ás duas estações.

Se os dois astros tivessem a mesma parallaxe, vê-se claramente que todos os observadores disseminados pela superficie da Terra perceberiam a passagem do centro segundo a mesma corda.

Esta deslocação apparente de Venus em relação ao Sol para a mudança do logar da observação, devida á differença de parallaxe dos dois astros, dá a parallaxe solar, attendendo ás distancias relativas dos mesmos astros á Terra, determinadas pela terceira lei de Kepler, desde que se determine a parallaxe relativa de Venus; e esta parallaxe relativa, dependendo do tempo da duração da passagem para logares diversos, calcula-se facilimamente desde que este tempo de duração seja medido nas melhores condições.

É evidente, primeiro que mais nada, que, sendo a differença das durações do phenomeno para os diversos logares a quantidade por meio da qual se conhece a parallaxe relativa de Venus, convem empregar todos os meios, dispôr de todos os elementos, tendentes a conseguir que tal differença seja o maior possivel. É o que se obtem, como vamos ver, pela boa escolha dos logares de observação.

O tempo da passagem depende do espaço percorrido e da velocidade. A escolha, portanto, dos logares de observação deve ser feita de fórma que as cordas sejam de mui diversa grandeza, e a corda maior seja percorrida com velocidade muito inferior áquella com que é percorrida a corda menor.

Em consequencia do sentido do movimento diurno da Terra, para o observador que vir effectuar-se a passagem proximo ao meio dia, a velocidade relativa será muito maior do que para o observador que analysar o mesmo phenomeno muito perto da meia noite. Deverão, portanto, escolher-se estações afastadas do equador para fazer as observações da meia noite, e combinar estas com outras effectuadas proximamente ao meio dia. Deste modo se terá conseguido a maxima differença das velocidades.

Em quanto á differença da grandeza das cordas, deverá a escolha dos logares ser feita de fórma que as observações da meia noite coincidam com a maior corda, e as do meio dia com a menor.

Esta escolha, porém, produzirá melhores ou peores resultados, conforme as circumstancias especiaes em que o phenomeno se produz. D'ahi vem que as diversas passagens não são egualmente boas.

Se o observador, collocado no centro da Terra, visse Venus percorrer o diametro do Sol, claro é que os observadores collocados em hemispherios diversos veriam o mesmo astro percorrer cordas collocadas para lados diversos do disco solar em relação ao centro. A differença das cordas não seria nunca muito consideravel, e as condições da observação não seriam as mais favoraveis.

Se, porém, vista do centro da Terra, Venus percorresse uma corda diversa do diametro, então o observador, collocado no hemispherio opposto com relação á posição apparente de Venus, verá a corda mais curta, ao passo que o observador do hemispherio que fica do mesmo lado verá a corda mais longa; e a differença será tanto mais sensivel, quanto mais deslocada do centro do Sol se projectar Venus, para o observador collocado no centro da Terra.

Se simultaneamente com esta condição coincide outra indispensavel, de estar o Sol afastado do equador para o mesmo lado onde se projecta Venus, então as observações da meia noite que devem ser feitas nesse hemispherio serão possiveis, e realisadas nas condições mais proprias para a observação mais proficua.

Assim, se Venus atravessar a parte boreal do disco do Sol e a Terra se achar nas proximidades do solsticio do estio, ou se, atravessando Venus a parte austral do mesmo disco, a Terra se encontrar nas proximidades do solsticio do inverno, poderão escolher-se logares nas melhores condições para fazer proveitosas observações.

A inspecção do quadro que apresentámos mostra que, sendo as duas passagens consecutivas distanciadas de 8 annos effectuadas no mesmo solsticio, e uma austral outra boreal, uma é sempre preferivel á outra, e, applicando os principios que deixamos expostos, vê-se mais que a segunda é sempre preferivel á primeira. D'ahi se conclue a grande importancia da proxima passagem de 1882, que é geralmente esperada com grande alvoroço e notavel empenho.

Para determinar a duração da passagem nos logares esco-

lhidos previamente, segundo as indicações que ficam expostas, conhecem-se actualmente tres meios, chronologicamente distinctos, methodicamente diversos, e que, para em tudo se differençarem, têm até differentes e heterogeneas nacionalinalidades!

Quando para todas as consciencias é axioma assentado que a sciencia é cosmopolita e os homens que a estudam todos irmãos, apparece um ardor febril de tres nações antagonistas, proclamando por tal fórma a excellencia do seu methodo, com exclusão dos outros dois, que qualquer se convence, ao passar pelos olhos a historia, que acima da sciencia ha alguma coisa de rivalidade de povo.

Exporemos estes tres methodos pela sua ordem chronologica, e faremos depois o seu confronto actual.

O primeiro methodo é devido a Halley. Ao mesmo tempo que indicava o melhor meio de alcançar o conhecimento da parallaxe solar, o sabio astronomo inglez apresentava o modo práctico de obter a duração da passagem.

É o methodo *inglez*, conhecido mais particularmente com o nome de *methodo dos contactos*, ou de Halley, e que o director do observatorio real de Greenwich tornou conhecido nos n.os 193 e 348 das *Transacções philosophicas*, em 1691 e 1716.

Na segunda d'estas memorias acham-se expostas todas as condições e cuidados que deviam ser empregados na primeira observação que se fez do phenomeno, na passagem de 1761.

Consiste este methodo em observar com a maxima cautella e precisão os instantes dos contactos dos bordos dos dois

astros, na entrada e na sahida de Venus sobre o disco do Sol.

A differença entre o tempo do contacto exterior da entrada e o tempo do contacto interior da sahida, ou a differença entre os tempos do contacto interior da entrada e do contacto exterior da sahida, dá visivelmente o tempo da duração da passagem do centro do astro no disco solar.

Uma boa luneta, para apreciar nitidamente o phenomeno da entrada e da sahida, e uma boa pendula, para marcar o tempo com precisão, são as primeiras condições da boa applicação do methodo.

Apesar da fraca velocidade do movimento, que faz com que a rigorosa apreciação do instante do contacto seja pouco provavel, vê-se bem como o contraste de luz e sombra, augmentado pela fórma especial dos astros, dá grande valor ao methodo.

Accresce ainda que, sendo relativamente demorada a passagem, o erro commettido na apreciação do contacto é muito attenuado, de fórma a produzir fraca influencia no resultado que se procura.

Como se vê, o methodo de Halley exige que se faça em cada logar a determinação completa da passagem, com observação de entrada e de sahida. São estas observações que devem ser depois comparadas, para d'ellas deduzir a parallaxe.

Ora é claro que o numero das estações onde o phenomeno é visivel em toda a sua duração é muito limitado; que para essas mesmas uma circumstancia imprevista póde fazer com que apenas sejam realisaveis observações de entrada ou de sahida.

Póde a atmosphera toldar-se numa das phases; póde o material da observação alterar-se no intervallo d'ellas; póde faltar o observador ou qualquer outro elemento emfim.

Delisle lembrou-se, por todas estas razões, de fazer uma importante modificação ao methodo de Halley, em virtude da qual se podem aproveitar tambem as observações simples, referidas ou ás entradas ou ás sahidas, ao principio ou ao fim do phenomeno.

Conhecendo com a maior exactidão a differença de longitude de dois logares, poderá facilmente reconhecer-se a differença entre as entradas ou sahidas, proveniente da parallaxe relativa de Venus para estes dois logares, causa unica d'esta diversidade do tempo.

Como se vê, esta modificação de Delisle é apenas uma importante ampliação do methodo de Halley. A condição indispensavel do conhecimento exacto das longitudes das estações consideradas, torna porém esta modificação pouco segura, ao ponto d'ella não se dever considerar como um methodo absolutamente applicavel á questão, mas tão sómente como um supplemento do methodo dos contactos. Foi esta mesma a indicação do seu auctor, quando a tornou conhecida do publico.

Possuidores do principio e methodos para alcançar a melhor determinação da parallaxe solar, indicadas as epochas da producção do phenomeno, os astronomos e as sociedades scientificas de todo o mundo reunem todos os esforços, apressam todos os preparativos, para as observações de 1761 e 1769, que deviam decidir a incerteza em que os methodos

antigos traziam todos os espiritos. Era geral a anciedade com que se aguardava a suspirada occasião, em que os calculos astronomicos iam talvez receber uma notavel reforma, ou, pelo menos, uma importantissima verificação.

Escolheram-se com toda a cautella os melhores logares de observação; traçaram-se cartas indicativas d'esses logares; nomearam-se diversas commissões pelas quaes se repartiam os trabalhos; mandaram-se construir os melhores instrumentos; escolheram-se os homens mais competentes para realisar essas notaveis missões; e, emfim, tudo estava preparado, todos os elementos a postos, á espera de tão curioso como importante phenomeno celeste.

A historia d'esta notavel empreza ha de ficar eternamente gravada no coração de quantos admiram a sublime dedicação do homem pela sciencia.

Pasma-se ao vêr tanta temeridade como a de muitos esperançosos filhos do estudo, que generosa e espontaneamente se offerecem para tão arriscados trabalhos.

Logares inhospitos, desconhecidos, em regiões rigorosas pelo clima, de difficil accesso pelos riscos de aventureiras derrotas, nada póde servir de obstaculo ao enthusiasmo, ao interesse e á dedicação de tão denodados lidadores.

E a historia conserva tristes recordações de similhante temeridade.

Tudo se conspirou contra tão vehementes desejos, tornando verdadeiramente infeliz a primeira observação do phenomeno.

«O resultado da passagem de 1761, diz Jacques-Dominique Cassini, na sua—*Historia abreviada da parallaxe do Sol,*

reduziu-se a deixar-nos mais indecisos do que d'antes. A parallaxe do Sol estava fixada entre $9'' \frac{1}{2}$ e $10'' \frac{1}{2}$. A passagem de Venus estendeu estes limites entre $8'' \frac{1}{2}$ e $10'' \frac{1}{2}$.»

Felizmente, porem, a segunda passagem, de 3 de junho de 1769, deu muito melhores resultados.

Observou-se a duração total segundo o methodo de Halley em muitos logares differentes, entre os quaes cinco merecem especial menção, pelas boas condições que n'elles se realisaram. São — Wardhus, Kola, Fort du Prince-de-Galles na bahia de Hudson, S. José na California, e Taïti.

As durações foram muito diversas, desde a minima de $5^h 30^m 4^s$ em Taïti, até á maxima de $5^h 53^m 14^s$ em Wardhus. Alem d'isso foram obtidas numerosas observações incompletas em muitos logares, para serem tractadas pelo methodo de Delisle.

Discutiram-se cuidadosamente todos os resultados d'estas numerosas observações, publicaram-se muitas memorias em numero superior a duzentas, segundo affirma Delaunay, e, com quanto os resultados de tantos esforços não fossem absolutamente concordantes, as suas divergencias foram muito inferiores ás que resultaram dos trabalhos de 1761, e mesmo ás incertezas existentes antes do emprego do methodo de Halley.

É bom notar esta circumstancia, que mostra quanto se tem a esperar do aperfeiçoamento de todas as condições da observação, já no material empregado, já nas condições physicas e topographicas de que ella depende.

Delaunay dá o seguinte quadro dos resultados obtidos n'esta segunda passagem:

Segundo Euler a parallaxe do Sol é		8″,82
»	Hornsby.....	8 ,78
»	Pingré.....	8 ,88
»	le P. Hell.....	8 ,70
»	Lalande.....	8 ,60

Como se vê, a incerteza, que era de 1 segundo, ficou agora reduzida a $\frac{2}{5}$ de segundo proximamente.

IV

... mais chaque nation agira suivant son génie particulier dans la direction qu'il lui faudra imprimer á l'ensemble de ses entreprises.

FAYE — *Comptes rendus, séance du 14 mars 1870.*

Nous verrons à quelle nation reviendra l'honneur d'avoir le mieux servi la science dans cette lutte généreuse.

IDEM — *Ibidem.*

O methodo de Halley, como a modificação de Delisle, se bem que conduzisse a um valor da parallaxe solar muito menos incerto do que davam os outros methodos até então conhecidos, deixava comtudo uma indecisão que não é para despresar.

Embora as observações de 1761 e 1769 fossem geralmente mal succedidas por muitas circumstancias, a maior parte das quaes deveriam desapparecer nas observações seguintes de 1874 e 1882, os astronomos francezes começaram a levantar difficuldades ao emprego do methodo inglez, pretendendo que no seu uso havia defeitos invenciveis, os quaes

conduziriam sempre a erros consideraveis. Pela sua parte os allemães partilhavam as mesmas ideias, e procuravam com afinco dispor-se para as observações d'este seculo, com os melhores meios de obter resultados mais satiscfatorios.

Veio d'ahi a porfiada lucta d'estas tres nacionalidades, disputando entre si a palma gloriosa que devia dar-se áquella que melhor preparada apparecesse no magnifico congresso scientifico, onde sabios, governos, particulares e todos quantos se interessam pelo engrandecimento da sciencia, cooperam valorosamente.

As differenças dos diversos valores da parallaxe, deduzidas da passagem de Venus de 1769, elevaram-se a 0″,4. Este resultado foi geralmente attribuido a erros de observação, e estes fizeram-se depender da difficuldade na apreciação dos contactos.

A irradiação é a causa principal da incerteza do instante procurado, especialmente nos contactos interiores. O seu effeito é, como se sabe, augmentar o disco luminoso do Sol, diminuindo o disco escuro de Venus; de sorte que os contactos reaes têm logar em epochas diversas d'aquellas, em que se representam os contactos apparentes.

As circumstancias perturbadoras do meio cosmico interposto, são outra causa importante que modifica o phenomeno do contacto. O estado da atmosphera varía de instante para instante, de logar para logar, de posição para posição, de forma que, alem da influencia absoluta em todos os logares e condições, esta alteração é causa de notaveis variações, de estação para estação, que devem influir na comparação dos resultados obtidos em pontos diversos.

Finalmente, a velocidade da passagem deve tambem influir sobre a apreciação dos contactos. Quanto mais rapido fôr o movimento de Venus, mais nitido será o phenomeno e mais perfeita a sua apreciação.

As primeiras observações, que, alem de fornecerem um valor da parallaxe solar mais digno de confiança, tinham offerecido um proveitoso ensaio, não deram comtudo a completa solução do problema.

D'ahi veio o grande empenho com que todos os povos cultos cooperaram para levar a effeito nas melhores condições as observações d'este seculo.

Os inglezes, não convencidos da guerra feita ao seu methodo, longe de acompanharem os sabios das outras nacionalidades na pista de outros melhores, procuraram com vivo ardor dispôr os seus materiaes para repetirem as observações em melhores circumstancias, escolhendo posições adequadas, observadores e pessoal a todos os respeitos competente, e finalmente instrumentos da maior confiança.

Com todos estes meios contavam elles, porque o seculo presente tem, como todos sabem, primado em fornecer ao homem os mais momentosos meios auxiliares para este genero de trabalhos.

Uma boa luneta e um bom relogio são, como já fica dicto, os dois instrumentos essenciaes para este methodo; qualquer d'elles se obtem hoje em condições de notabilissima vantagem e precisão.

Os allemães, lançando á conta do principio fundamental do methodo os erros encontrados nas ultimas observações, aconselharam, pela declaração unanime de uma respeitavel

commissão, composta dos seus primeiros astronomos, o emprego do *heliometro* para a medida das coordenadas de Venus projectada sobre o disco solar. Por meio da distancia do centro de Venus ao centro do Sol, e do angulo de posição, formado pela linha dos centros dos planetas com uma linha conhecida, calcula-se com facilidade a duração da passagem, elemento essencial que é pedido á observação.

Os francezes, optando pela determinação dos contactos para calcular a duração da passagem, resolveram empregar a photographia, medindo, por meio de micrometros, as distancias necessarias, nas provas repetidas em successivos momentos.

O emprego da photographia como auxiliar da sciencia astronomica marca uma das mais brilhantes epochas d'este seculo. De ha muito se faz importante uso d'este magnifico elemento, especialmente na astronomia physica.

Fazer, porém, applicação da photographia para determinações micrometricas de precisão, é uma reforma muito moderna, lembrada a proposito dos preparativos para as passagens de Venus n'este seculo.

Na sessão da Academia franceza, de 14 de março de 1870, o sr. Faye, um dos homens mais considerados no mundo pelo seu incansavel estudo, mórmente sobre astronomia physica, apresentou á Commissão da passagem de Venus, recentemente nomeada, uma importantissima memoria, em que aconselha o emprego da photographia para as observações que iam realisar-se, e comparou este methodo com todos os conhecidos n'essa epocha.

Desde esse dia, astronomos e constructores, todos empregaram a mais notavel actividade em corrigir qualquer defeito, e procuraram alcançar os melhores instrumentos para as proximas observações.

O emprego da photographia supprime o observador. A observação, dependente de muitas circumstancias pessoaes, variaveis de homem para homem, fica reduzida, pelo emprego da photographia, a um completo automatismo. Esta vantagem, por si só, é já um grande motivo de escolha, se, no que este methodo tem de commum com os outros, não apparecer alguma e grande desvantagem.

A anciedade do observador que aguarda tão importante phenomeno, a precipitação, a estimativa, muitas causas emfim que prejudicam a observação, desapparecem por este modo.

Combinando a formação photographica das imagens com o registro, por meio da electricidade, do instante da sua obtenção, tem-se os elementos precisos para mais tarde, no remanso do gabinete, com todo o cuidado exigido por esta ordem de trabalhos, pelo emprego dos instrumentos mais convenientes, e emfim pela repetição indefinida das medidas, determinar os dados precisos para o calculo da parallaxe.

O numero das imagens póde ser muito grande; o phenomeno póde ser desenhado em todas as suas phases, e d'ahi provêm repetidos meios de determinação, abundancia de elementos e de verificação dos valores achados. Nenhum dos outros methodos, em verdade, póde medir competencia com este, debaixo de similhante ponto de vista.

O methodo photographico conduz, alem d'isso, á determinação da parallaxe por meio de observações feitas em uma

só estação. O effeito parallactico é metade do que provém de duas estações, mas ainda assim é bastante para um resultado satisfactorio.

«... un photographe convenablement outillé obtiendrait ainsi, à lui seul, un résultat supérieur à celui qu'on acceptait encore avec tant de confiance il y a dix ans», diz Faye.

Para affeiçoar o apparelho photographico ao movimento do phenomeno, é indispensavel que a luneta se desloque, acompanhando-o. Esta circumstancia produziria uma causa de alteração consideravel no apparelho optico.

Em 1860, o sr. Laussedat imaginou um meio simples de remediar este inconveniente, fixando a luneta e fazendo incidir n'ella os raios, conduzidos pela reflexão no espelho plano d'um heliostato. Esta importante modificação foi applicada pelo seu auctor na observação do eclipse de 1860, na expedição á Algeria.

O sr. Warren de la Rue chamou a attenção para a influencia que o calor dimanado do astro devia ter sobre a trajectoria dos raios solares, desde o heliostato até ao foco. O sr. Laussedat, prevenido d'esta circumstancia, imaginou uma disposição particular, que evita todos os receios.

Um diaphragma, movel por um apparelho electrico, desloca-se diante do espelho do heliostato, permittindo a passagem dos raios unicamente no momento da observação photographica.

O apparelho assim completo, pela primeira vez proposto e usado por Laussedat, aperfeiçoado depois consideravelmente por Foucault, tomou o nome de *Siderostato*.

Warren de la Rue observa tambem a grande difficuldade

na obtenção do espelho perfeitamente plano, necessario para o apparelho de Laussedat.

A perfeição, porém, com que hoje se obtem estas placas de vidro, pelo emprego de processos rigorosissimos, põe fóra do campo esta duvida. Alem de que, a propria experiencia permitte corrigir os pequenos defeitos de construcção.

Ha dois systemes diversos de apparelhos photographicos, empregados nas observações da passagem de Venus. É visivel que a perfeição das medidas micrometricas effectuadas nas imagens obtidas, depende do tamanho d'essas imagens, e este depende naturalmente do systema optico do apparelho empregado.

Póde fazer-se actuar sobre a placa sensivel a imagem produzida pela objectiva, ou collocar-se a placa no foco d'uma ocular de longo foco, que amplifique a primeira imagem.

No primeiro caso é preciso empregar objectivas de grande abertura e largo foco, no segundo é mister addicionar ao apparelho uma ocular amplificadora.

Estes dois methodos foram largamente discutidos antes das observações de 1874, e ambos empregados pelas diversas commissões organisadas para esta ordem de trabalhos.

A publicação dos resultados conseguidos será a melhor maneira de apreciar um e outro, como de resolver algumas duvidas suscitadas.

A escolha do methodo de observação é uma d'essas duvidas que só poderá ser convenientemente resolvida, depois de colligidas e verificadas as numerosas observações feitas na ultima passagem, e bem assim as que hão de ser effectuadas em 1882.

Os astronomos dos Estados-Unidos e muitos da Europa a seu exemplo, attentando no defeito que advem ao apparelho pelo emprego da ocular, já tornando o instrumento menos maneavel, já prejudicando a precisão da imagem photographica, adoptaram apparelhos sem oculares, com objectos de longo foco.

Pelo seu lado muitos astronomos francezes, e entre elles o sr. Laussedat, auctoridade de muito valor na apreciação de methodos photographicos, não julgam de grande valia as objecções apresentadas contra a amplificação da imagem pela ocular, e aconselham o seu uso, parecendo-lhes que só variadas experiencias por ambos os methodos poderão decidir este ponto.

«Je me contenterai de dire (escreve o sr. Laussedat) que la meilleure manière, à mon avis, de se rendre compte de la valeur de ces objections serait de faire des expériences variées comme celles que j'avait projectées.»

Outra circumstancia não menos digna de attenção no valor do methodo photographico, e que constitue uma duvida importante contra o seu emprego, está na perfeita determinação da escala que estabelece a relação entre a distancia real dos dois astros e a distancia medida nas imagens.

«La détermination de la valeur angulaire des dimensions linéaires de l'image est une opération des plus délicates pour tous les appareils photographiques», dizem os srs. C. Wolf e Ad. Martin.

Para que as provas obtidas em diversas estações e por diversos instrumentos sejam comparaveis, é evidentemente necessario determinar o valor angular da distancia rectilinea

que se toma para unidade na medida das imagens, a qual costuma ser o millimetro, collocado no foco de cada instrumento.

Propozeram-se para este fim diversos processos. O sr. Faye lembrou o emprego da mesma photographia, obtendo por ella, e em tempos bem determinados, successivas imagens do Sol, e comparando a distancia d'essas imagens com a differença dos tempos correspondentes.

Outros lembraram-se de collocar no foco um micrometro de fios ou uma placa de vidro graduada, e marcar o tempo que um astro gasta a percorrer uma distancia medida.

Outros ainda lembraram a photographia do micrometro d'uma luneta meridiana servindo de collimador.

Finalmente o sr. Angot lembrou recentemente um processo que parece á primeira vista isento de erros, mas que elle proprio condemna na applicação especial ás passagens de Venus.

Sabe-se que a diffracção actúa sobre as imagens de dois corpos, um luminoso, outro opaco, collocados nas mesmas condições, augmentando a do corpo luminoso e diminuindo a do corpo escuro.

O sr. Angot, operando sobre objectos uniformemente esclarecidos, de bordos rectilineos e de dimensões muito superiores á zona de diffracção, mostrou que o augmento da imagem do objecto luminoso é egual á diminuição da do objecto escuro.

D'esta fórma, a somma das imagens modificadas pela diffracção é constante e egual á somma das imagens geometricas. Esta somma, portanto, nas observações da passagem de Venus, tomada nas diversas estações, serviria de factor de

reducção para comparar as provas das diversas imagens, bastando fazer a determinação exacta do valor angular n'uma unica estação.

Não póde porém applicar-se este methodo ás passagens de Venus. O diametro de Venus é pequeno relativamente á zona diffractada; a diminuição d'este diametro não é a mesma que teria logar se o bordo fosse rectilinio, ao contrario do que succede para o Sol; finalmente, a intensidade luminosa do disco solar não é uniforme.

Dos tres outros processos apresentados, é geralmente preferido o de Faye.

Finalmente, uma outra difficuldade séria no emprego do methodo photographico consiste na collocação da placa impressional no verdadeiro fóco.

Como se sabe o foco chimico não coincide com o fóco optico, e no emprego da photographia é o primeiro e não o segundo que convem conhecer para collocar a placa onde se ha de formar a imagem.

Faz-se para isso uma serie de tentativas, mais ou menos enganadoras, collocando atraz da objectiva ou da ocular, segundo o apparelho photographico tem ou não tem o orgão ampliador, meia placa impressionavel, sendo a outra meia substituida por um vidro escuro, onde se têm deixado traços transparentes e esclarecendo-se a placa assim formada por uma luz photogenica.

Sobre a meia placa impressionavel fórma-se a imagem dos traços, e deslocando as duas meias placas, até estarem no plano onde se forme a imagem mais nitida, ter-se-ha alcançado a boa collocação no fóco.

As duas circumstancias que acabâmos de mencionar, *valor angular das distancias* e *collocação no foco,* são de grande importancia no processo photographico e a sua obtenção é extremamente complicada, como francamente confessam os mesmos astronomos que se inclinam para o emprego d'este methodo.

Alem das difficuldades que deixâmos apontadas, existe na determinação destes dois elementos a circumstancia não menos attendivel de que qualquer dos dois varía de momento para momento, em consequencia da mudança de temperatura dos supportes metallicos do instrumento, e da alteração de curvatura do espelho.

D'ahi vem a necessidade da construcção de táboas de correcção para estas variações, e mais uma difficuldade séria para o emprego do methodo.

Vem mais e naturalmente a necessidade de evitar as mudanças irregulares de temperatura, para o que é preciso envolver o apparelho com uma capa protectora, circumstancia esta que augmenta e complica a construcção e principalmente o uso de taes instrumentos.

V

> ... la méthode de Halley, dans laquelle on se sert des durées des passages observés en deux lieux différents, pourra être appliquée avantageusement.
>
> PUISEUX — *Rapport fait au bureau des longitudes.*

A exposição rapida, que deixâmos feita, dos tres differentes methodos de observação empregados nas passagens de Venus, é sufficiente para nos auctorisar as conclusões que vamos expôr.

O methodo de Halley, o mais antigo na ordem chronologica, o unico empregado nas observações do ultimo seculo, conduziu a divergencias notaveis e que não podiam em verdade satisfazer as necessidades da moderna astronomia.

Muitos viram no facto motivo sufficiente de exclusão. Veio d'ahi a origem do methodo photographico tão elogiado em França, na patria de Daguerre e de Ampere, como tambem

a do methodo do heliometro, preconisado na Allemanha, onde Bessel obtivera com este instrumento tão importantes resultados.

Outros, e não menos notaveis astronomos, deram as divergencias dos resultados á conta da pouca perfeição mechanica dos instrumentos, do atrazo relativo da arte de observar, e emfim das más condições physicas de observação d'um phenomeno, que pela primeira vez era cuidadosamente inspeccionado pelo homem; e, vendo no methodo inglez decidida superioridade, buscaram na remoção dos seus inconvenientes a sua mais proveitosa applicação ao problema de que se tracta.

Que n'este empenho por defender um dos methodos com exclusão dos outros dois anda espirito patriotico a encobrir convicções scientificas, qualquer poderá conhecel-o, vendo a fórma excessivamente severa com que tal discussão se pleiteou.

O verdadeiro logar da sciencia, tambem não é difficil de encontrar, tanto quanto o permitte o estado da questão.

A determinação do tempo da passagem pela observação dos contactos é em muito superior a todos os meios que se baseiam em medidas micrometricas feitas no campo do instrumento, quer seja no mesmo acto da observação e na imagem optica (methodo allemão), quer seja na imagem photographica authomaticamente registrada (methodo francez).

A causa de erro apontada contra o methodo de Halley, consiste no effeito da irradiação ocular, d'onde proviriam apreciações diversas para diversos observadores e incertezas no instante dos contactos, causa tão exaltada por Faye para

a condemnação d'este methodo, mas que é hoje geralmente contestada, ou pelo menos infinitamente problematica.

Depois d'uma analyse minuciosa d'esta importante questão, termina o sr. Wolf, dizendo: «Nous croyons donc être en droit de dire que l'irradiation oculaire n'intervient en rien dans l'observation des passages de Mercure et de Venus.»[1]

Analysando uma memoria do sr. Newcomb, que tem por fim deduzir a parallaxe solar da *desegualdade parallactica* da Lua, segundo as experiençias de Robinson e a discussão feita por Breen das occultações observadas em Greenwich desde 1830 a 1845, o sr. Ch. André diz[2]: «Mais les expériences dont je viens de citer quelques résultats, une fois de plus et de la façon la plus nette, que, ce phénomène d'irradiation n'existe pas et que les différences observées par M. Breen doivent être interprétées autrement.»

Não se contesta o facto da variação, em sentido contrario, das imagens dos dois astros, em consequencia da diffracção; affirma-se, porém, com experiencias bem effectuadas que tal variação produz uma differença despresivel, em muito inferior aos erros provaveis com o emprego de qualquer methodo.

O defeito na apreciação dos contactos originado pela diffusão da luz em consequencia da aberração das lentes, é muito mais importante, podendo causar consideraveis incertezas. Hoje, porém, construem-se objectivas em taes condições aplaneticas, que póde bem considerar-se tal erro como infinitamente pequeno.

---

[1] Wolf e C. André, *Recherches sur l'observation des contacts.*

[2] *Comptes rendus*, 1.º semestre de 1876.

Os resultados obtidos em experiencias modernas, mas precedentes ás observações de 1874, mórmente no eclipse de 1868 e na passagem de Mercurio sobre o Sol, em 4 de novembro do mesmo anno, se bem que produziram ainda notaveis divergencias, mostraram as precauções a tomar para obter uma boa apreciação dos contactos nas passagens de Venus.

Assim, pois, concluiremos que o methodo dos contactos de Halley deve ser considerado o melhor de todos os meios de observação das passagens de Venus, procurando por todos os modos convenientemente aconselhados supprimir os defeitos que têm produzido as divergencias dos resultados obtidos pelo seu emprego.

As variadas e difficilimas precauções a tomar nas observações photographicas, combinadas com a não menos difficil medida micrometrica das distancias tomadas sobre as imagens e ainda alem d'isso com as causas de erro na deducção do tempo da passagem, não compensam os erros pessoaes, supprimidos neste methodo.

A observação dos contactos pelo emprego da photographia não auctorisa diverso juizo. Tal determinação não vale a do methodo de Halley.

Por identicas razões, collocamos em segunda linha o methodo do heliometro de Fraunhofer.

Aqui, nem evitâmos os defeitos opticos que existem no methodo de Halley, nem empregâmos as vantagens da photographia, na suppressão dos erros pessoaes. Ficam-nos por inteiro os inconvenientes das medidas micrometricas com a extrema difficuldade da sua rapida determinação.

Não condemnâmos porém absolutamente nenhum d'estes dois methodos, antes em muito os considerâmos, como magnificos auxiliares em observações de tanta monta, e onde portanto podem ser empregados com proveitosa applicação. Tanto mais que a observação directa dos contactos para a mais segura determinação do tempo da passagem, não inhibe, antes aconselha, observações da fórma do phenomeno, que podem ser obtidas, da melhor maneira, pelo emprego da photographia.

De resto, a publicação dos resultados obtidos nas passagens de 1874 e 1882, com todos estes methodos e maravilhosos recursos da moderna astronomia, será a ultima e mais poderosa razão da definitiva escolha.

D'ahi, mais uma razão para o emprego simultaneo dos tres methodos nas observações d'este seculo.

Apesar do notavel empenho de todas as nações cultas por que os trabalhos relativos á observação de 1874 se fizessem nas melhores condições, é certo que os resultados d'essas observações se acham ainda ineditos, reduzindo-se quanto se sabe por em quanto a uma ou outra curta e muito circumscripta memoria.

O futuro virá portanto aclarar completamente este ponto, que nós actualmente não podemos levar a mais inteira illucidação.

FIM.

1877

A. ZEFERINO — DISSERTAÇÃO DE CONCURSO

MATHEMATICA