



Carta¹ de Johannes Kepler a Michael Mästlin² em Tübingen



Digníssimo Senhor M. Mästlin,
Celeberríssimo Professor de Matemática
da Academia de Tübingen,
meu Colendíssimo Preceptor,

Devido a teu contínuo silêncio, grande mestre Mästlin, muitas vezes fui forçado a ter cuidado em te escrever. Acontece, no entanto, que me desespero na guerra,³ pois quanto mais escrevo, tanto menos consigo. Tu deves ter lido meus trabalhos sobre óptica,⁴ dos quais já remeti, como presente meu a Frankfurt, exemplares (um, juntamente com outros quatro para ti, pelo bibliotecário Célio⁵ como teu depositário, rogo para que trates com o doutor Besoldo⁶ que pediu uma cópia). Se leste minha concepção sobre a

estrela nova,⁷ a qual já recebeste, não estarás motivado a escrever-me; mas ao menos por causa de S. Majestade Cesar,⁸ para o qual são agradáveis os escritos desse modo, indaga-lhe sobre várias coisas; escreva-me algo. Pergunta por ti Rosalino, cujos escritos agora aceita S. Majestade Cesar; essa matéria é comum aos matemáticos, e não compreendê-la representa um crime de deserção.

Meus esforços concentram-se nos comentários sobre os movimentos de Marte. Creio que já disseste algo sobre isso nas coisas da óptica, das quais não duvido; a saber, que eu raramente acho o nó da questão. Assim, penso, por que não me comunicas por cartas? Muitas vezes eu penso coisas impertinentes, as quais, se ventiladas por cartas, podem ser conhecidas. Todo meu trabalho consiste nisso, em propor as causas genuínas, tanto para as equações excêntricas corretas, quanto para as distâncias acumuladas.⁹ Mas sempre continuarei avançando pela graça de Deus, para que não mais me afaste de uma coisa nem de outra, e esteja certo que avançarei por outra hipótese, e daqui por diante não considerarei que possam ser vãs as coisas sobre as forças motrizes.¹⁰ E, como muitas vezes triunfei sobre Marte, isso, entretanto, fica em causa:¹¹ se a razão do excêntrico é distribuída entre o concêntrico¹² e o epiciclo; saibas que o centro do epiciclo tem um movimento diferente do concêntrico; isto é, que o concêntrico desloca-se igualmente sobre o outro centro; porque também o excêntrico se move sobre o outro centro.¹³ Quanto a isso, se os movimentos tanto do concêntrico quanto do epiciclo se atraem e se repelem igualmente (isto é, se a linha traçada a partir do centro do concêntrico passa igualmente pelo centro do epiciclo, isso indica, então, o verdadeiro apogeu do epiciclo), assim, com efeito, a órbita do planeta, que passa pelo corpo, permanece em um círculo excêntrico perfeito.¹⁴ Contudo, as observações atestam que, nas longitudes medianas, de ambos os lados, o planeta ingressa para os lados cerca de 900 partes em 152.500.¹⁵ E essas razões físicas persuadem a dizer que o movimento do epiciclo sobre o próprio centro é sem ambigüidade uniforme (isto é, que a linha do apogeu do epiciclo verdadeiro passa pelos centros do concêntrico e do epiciclo).¹⁶ Porém, se fizeres isso, o planeta deflete da órbita circular em 1.300 [partes], enquanto deveria ser, segundo as observações, apenas da ordem de 900.¹⁷ Além disso, tal como nas longitudes medianas e nas direções mais distantes do perigeu, também esse ingresso acontece para os lados, de modo que na direção do apogeu não será visto tão grande.¹⁸ De onde parece seguir-se que o próprio epiciclo não é totalmente uniforme; nem tampouco que convenha a desigualdade do movimento com o concêntrico, mas que se torna mais veloz tanto num planeta movendo-se nas cercanias do apogeu do epiciclo, quanto nas cercanias do perigeu do epiciclo¹⁹ (isto é, que a linha do apogeu verdadeiro do epiciclo está pouco abaixo do centro do concêntrico no apogeu e, acima dele, no perigeu). Tycho²⁰ atribui o mesmo à Lua,²¹ que ela seja veloz, *caeteris paribus*, tanto em relação a Marte, quanto à Terra.

Já obtive as razões das tabelas. Tenho as tabelas de Marte, das quais num só dia alguém diligente confecciona as efemérides²² para cada dez dias de um só ano. Nem se fazem inúteis novas correções de uma das distâncias: as outras são gerais. A paralaxe que está na Optica, uma salva todas as latitudes, sem nenhum cálculo, nem exceção alguma. Julgo que consegui alguma coisa; e como algumas vezes me angustio com meu estado de saúde, peço-te conselhos sobre o trabalho que estou proibido de publicar e de apresentar junto à Academia,²³ elaborado com as observações abundantíssimas e selecionadíssimas de Tycho.²⁴ Se houvesse uma leve esperança a respeito de Tegnagel, do qual alguma coisa seja aproveitada, nenhum trabalho requereria meu conselho, utilizando as observações de Tycho. Todavia, crê, não temo por isso, nem estou perdido no deserto. Pergunto qual a tua opinião, se estivesses no lugar de Tycho, e discernisses essas coisas, por acaso também censurarias ser ousado o que faço? Sobre os eclipses escrevi muito nos últimos meses, como também sobre a estrela Cygni.²⁵ Porém, não quero te obrigar; perca um quarto de hora com palavras, com as quais purificarás a culpa do silêncio de tantos anos. Adeus e queira-me bem.

Praga, 14 de dezembro de 1604
De teu gratíssimo discípulo

Jo. Keplerus
Mathematicus

Traduzido do original em latim por Claudemir Roque Tossato

Notas

1 Tradução do texto extraído da edição de Max Capar & Walter von Dick (G.W), vol. XV, p. 72-4.

2 Michael Mästlin [Göppingen, 1550 – Tübingen, 1631]. Foi professor de astronomia e matemática em Heidelberg, e depois em Tübingen. Sua importância para a astronomia concentra-se em dois pontos. O primeiro é ter publicado várias obras astronômicas, entre as quais a mais importante é a *Súmula astronômica (Epitome astronomiae)*, editada em 1592, na qual Mästlin apresenta o sistema heliocêntrico, juntamente com os modelos geocêntricos; isso fez dele um dos primeiros a discutir e apresentar as novas propostas de Copérnico. O segundo liga-se ao fato de Mästlin ser o responsável pela introdução de Kepler ao heliocentrismo. Mästlin foi o principal mestre de Kepler, que o reconheceu como o homem que o despertou para a verdade do universo copernicano. Na verdade, Mästlin foi um dos primeiros a perceber a inteligência e o gênio de Kepler, iniciando-o e incentivando-o nos estudos astronômicos.

3 Kepler refere-se aos seus trabalhos sobre os movimentos de Marte. É muito comum, em Kepler, a analogia com a guerra. Na *Astronomia nova*, Kepler frequentemente considera a procura da forma verdadeira da órbita de Marte, em meio aos dados observacionais e às hipóteses que ele levantou, como uma grande guerra, isso porque por diversas vezes ele se viu no meio de erros, que lhe obrigavam a mudar de procedimentos, de estratégias, para poder encontrar a verdade sobre Marte. Cabe notar que Marte, na mitologia romana, é o deus da guerra, um deus guerreiro, o que mostra que a analogia não é fortuita, indicando que Kepler via a procura da verdadeira forma da órbita de Marte como uma batalha a ser vencida, como frequentemente faz utilizando termos de guerra, como “deserção” e “triumfo”.

4 Kepler refere-se a sua obra *Suplemento a Vitélio, no qual a parte óptica da astronomia é ensinada (Ad Vitellionem paralipomena quibus astronomiae pars optica traditur)*, ou mais genericamente *Parte óptica da astronomia (Astronomiae pars optica)*, publicada em Praga, em 1604. Nessa obra, Kepler investiga o mecanismo da visão, discutindo a importância do olho humano no ato de ver. Kepler foi um dos primeiros a reconhecer que a imagem do objeto que se forma na retina humana passou por um processo de inversão dessa imagem mediante a ação da luz, isto é, que os raios que alcançam o olho provindos do objeto foram refratados por substâncias que se encontram na retina. A obra investiga, portanto, a lei de refração, assunto que foi retomado por Kepler na sua obra de 1612, *Dióptrica (Dioptrice)*. Os estudos ópticos keplerianos inauguram as investigações mecânicas sobre a visão.

5 Célio e Rosalino são difíceis de serem identificados, por serem personagens que não estão ligadas diretamente à astronomia e à comunidade científica da época.

6 Trata-se de Christopher Besoldo (1577 – 1638), antigo companheiro de Kepler na Universidade de Tübingen. Besoldo, assim como Kepler, foi aluno de Mästlin.

7 É a obra *Sobre a estrela nova (De Stella nova)*. A elaboração dessa obra foi motivada pelo aparecimento, em 1604, de uma estrela nova, muito brilhante. O enfoque kepleriano sobre o surgimento dessa nova alicerça-se em considerações astrológicas.

8 Trata-se de uma referência ao imperador Rodolfo II, a quem Kepler servia como matemático imperial. Rodolfo II de Habsburgo [Viena, 1552 – Praga, 1612], filho de Maximiliano II, foi arquiduque da Áustria, imperador germânico, e rei da Hungria e da Boêmia. Sua educação deu-se na Espanha, tornando-o um ardente defensor da Contra-reforma. Apaixonado pelas artes e ciências, transformou a sua corte num local de recolhimento de muitos personagens ligados ao conhecimento, entre os quais Brahe e Kepler. Seu temperamento forte e sua instabilidade emocional levaram seu irmão Matias a ser reconhecido paulatinamente como governante da Áustria (1606), da Germânia (1608), da Hungria (1608) e da Boêmia (1611), restando a Rodolfo II apenas o título de imperador dessa última.

NOTAS À “CARTA DE JOHANNES KEPLER A MICHAEL MÄSTLIN EM TÜBINGEN”

9 Essa passagem é elucidativa, pois mostra que Kepler empreendia deliberadamente uma investigação causal com o objetivo de chegar a “causas genuínas, tanto para as equações excêntricas corretas, quanto para as distâncias acumuladas”. Essa investigação das causas dos movimentos planetários é uma marca distintiva da astronomia kepleriana, afastando-a da astronomia tradicional, que se preocupava apenas com a representação matemática dos movimentos planetários.

10 Kepler quer rebater as críticas que Mästlin sempre lhe dirigiu: o uso de causas físicas, de forças motrizes na astronomia. Mesmo em 1616, ano em que Kepler já tinha tornado públicas suas duas primeiras leis dos movimentos planetários (*Astronomia nova* é de 1609), Mästlin escreve-lhe o seguinte: “Acerca do que escreves sobre a Lua: trataas todas as desigualdades por causas físicas. Eu não compreendo plenamente isso. Penso que, em vez disso, poder-se-ia tratá-las todas por causas astronômicas e hipóteses, mas não por causas físicas. Certamente, as bases da astronomia requerem claramente cálculos geométricos e aritméticos, e não conjecturas físicas as quais confundem grandemente em vez de instruir o leitor.” (*apud* Aplebaum, 1996, p. 459). A posição de Mästlin com relação a Kepler é elucidativa: o primeiro admite o copernicanismo como um expediente para os cálculos, mas não como uma ciência física; como vimos na introdução à carta traduzida, a astronomia nesse período era vista como uma ciência epistemológica e metodologicamente distinta das ciências do mundo terrestre; nesse sentido, era extremamente complexo e difícil – dada a resistência que a própria comunidade científica exercia no início do século XVII – tratar o mundo celeste como tendo a mesma natureza (do mundo terrestre). Note-se também a expressão utilizada por Kepler: “Mas sempre continuarei avançando pela graça de Deus, para que não me afaste de uma coisa nem de outra”. Aqui Kepler faz uma clara referência aos problemas relativos à construção de uma astronomia que seja, ao mesmo tempo, física e preditiva; como dissemos, podia-se fazer tanto uma quanto a outra no início do século XVII, mas as duas num único corpo teórico não era comum; nesse sentido, o processo de construção do saber que integra os movimentos celestes com a física, nos moldes da física terrestre, foi extremamente árduo, e a carta em questão expressa uma das etapas desse processo.

11 “fica em causa”, isto é, Kepler ainda está investigando os dados sobre Marte. O que virá a seguir representa a etapa intermediária de suas investigações, é o momento em que ele está trabalhando com os dados e com as hipóteses sobre os movimentos de Marte. Isso é interessante pois mostra as dúvidas sobre a circularidade e a uniformidade, bem como sobre os artifícios utilizados por mais de dois mil anos na astronomia. O que está em demanda é se os cálculos devem ser feitos por círculos concêntricos e epiciclos, isto é, se essa técnica instrumentalista deve ser utilizada, quando se consideram os aspectos físicos. Para a tradição, essa questão não teria sentido, visto que não se consideram tais aspectos. A demanda será resolvida pelo abandono das técnicas instrumentalistas e sua substituição pelas órbitas elípticas.

12 O termo “concêntrico” significa “deferente”; é o círculo sobre o qual o epiciclo se move.

13 Esse outro centro que Kepler está considerando é o centro físico, o corpo do Sol.

14 Esse raciocínio de Kepler, que se inicia na frase “se a razão do excêntrico...” deve ser entendido com relação à exposição, juntamente com a figura que a acompanha, contida nas páginas 204 e 205 da introdução à tradução da carta. O centro do epiciclo não se mantém constante com relação ao centro de movimentos (centro não físico), pois a ação do Sol real o faz mudar de posição, o que leva o centro do epiciclo a ter um movimento diferente do concêntrico. O que entra em jogo nessa passagem complicada da carta é a ação do Sol verdadeiro (isto é, do próprio corpo solar) nas projeções dos movimentos computados a partir do epiciclo.

15 Essa relação é dada dividindo o percurso total do planeta em um certo número de partes, no caso, 152.500 partes.

16 Novamente, temos o peso dos dados observacionais e dos fatores físicos como componentes básicos para o teste das hipóteses astronômicas.

17 Aqui está o problema. As observações de Brahe indicam que a órbita do planeta se achata cerca de 900 partes em 152.500; por outro lado, se se considera a técnica do epiciclo, juntamente com a consideração do Sol físico, (isto é, a ação do Sol no epiciclo deverá fazê-lo manter-se sem oscilação com relação ao seu eixo central), o resultado não se ajusta às observações. Isso será básico para Kepler rejeitar, subseqüentemente, o epiciclo, e sustentar que o Sol exerce forças que levam os raios vetores que o unem ao planeta a mudarem os seus trajetos durante o seu percurso (movimento de translação). A partir disso, Kepler irá considerar que a órbita de Marte é de fato uma oval, isto é, ela se achata nas longitudes heliocêntricas. O argumento de Kepler deve ser esclarecido. Kepler investiga, como dissemos, se é possível representar os movimentos excêntricos mediante o uso do epiciclo com deferente, computando, como condição básica, os movimentos a partir do Sol físico. O argumento tem cinco passos, a saber: 1) inicialmente Kepler estipula a sua tese de que o centro do epiciclo é diferente do centro do concêntrico, pois o concêntrico tem como centro o Sol real (isso fere a estipulação de que o centro do epiciclo deve ter um movimento igual – concêntrico – ao deferente, pois, pela técnica do epiciclo com deferente, pode-se deslocar o centro do deferente, mantendo o centro do epiciclo concentricamente ao deferente, mas, por outro lado, se se coloca um centro fixo, não se tem meios para manter essa igualdade); 2) mas, para adequar o artifício à ação do corpo do Sol, deve-se colocar a condição de que os centros do epiciclo e do concêntrico devem alinhar-se no apogeu, na linha das apsides (esta é uma condição básica para sustentar que o epiciclo e o deferente podem ser expressos quando se considera o centro físico de movimentos); 3) os dados de Brahe aparecem, informando que nas longitudes medianas (fora da linha das apsides), o planeta ingressa na órbita circular cerca de 900 partes em 152.500; 4) e, como consequência da ação do Sol no corpo planetário, se o planeta, com movimentos em epiciclos, está no apogeu, o seu movimento deve ser igual ao do concêntrico, pois eles estão alinhados; 5) mas, se fizer isso, isto é, se adequar os movimentos do epiciclo e do concêntrico na linha das apsides, satisfazendo 2 e 4, tem-se que o planeta fugirá cerca de 1300 partes nas longitudes medianas, ferindo, portanto, os dados de Brahe que indicam uma fuga da ordem de 900 partes. Em síntese, não há condições para corroborar a técnica do epiciclo com deferente com os dados de Brahe, quando se considera o Sol físico; só seria possível se o centro do deferente se encontrasse solto na linha das apsides, mas isso não é permitido por Kepler, pois o Sol físico é um e está numa posição determinada.

18 Isso acontece porque, na órbita elíptica de pouca excentricidade, como é o caso da órbita dos planetas, no apogeu (afélio), o achatamento é pequeno.

19 Isso é o resultado da ação do Sol nos movimentos dos planetas, os quais sofrem, na perspectiva kepleriana, a ação da força magnética exercida pelo Sol; essa ação leva os planetas a mudarem freqüentemente o seu caminho circular e uniforme, aproximando-se de uma curva ovalada. Os epiciclos, então, para expressarem isso, deverão ser diferentes, isto é, os vários epiciclos que compõem uma órbita serão diferentes entre si. O raciocínio de Kepler, como apontamos na introdução, estava em formação quando ele escreveu essa carta; esses dados apontaram para a impossibilidade de utilizar os epiciclos, pois, como visto na *Astronomia nova* (cf. G.W., III, cap. 45), os eixos do epiciclo não se mantêm paralelos ao deferente que está localizado no corpo físico do Sol (e não são paralelos porque os movimentos de fato ingressam nas laterais da órbita circular). O que Kepler fez foi retirar da astronomia o uso dos epiciclos e deferentes, substituindo-os por uma explicação de cunho físico: os planetas movem-se em elipses, e não em órbitas circulares e uniformes, devido à ação do Sol nos movimentos ao seu redor.

20 Tycho Brahe [Knudstrup, 1546 – Praga, 1601]. Brahe foi o melhor astrônomo observacional a olho nu; suas descobertas e instrumentos constituíram o ápice da astronomia antes da utilização do telescópio. A Tycho devemos várias contribuições para a astronomia. Os seus instrumentos de observação, tal como o sextante, permitiram a obtenção de dados observacionais mais precisos – para se ter uma idéia das precisões dos dados thiconianos, basta lembrar que as observações astronômicas antes dele tinham uma margem de erro na ordem de 10' de arco, com Tycho, essa margem cai para 2'; as observações astronômicas catalogadas por Tycho tinham, assim, um grau de precisão jamais alcançado pela astronomia, tanto que, sem as observações do planeta Marte catalogadas por Tycho, segundo o próprio Kepler, teria sido impossível a obtenção das suas duas primeiras leis dos movimentos planetários. Mas a importância de Tycho não se resumiu apenas às observações; devemos também a ele a quebra da crença

NOTAS À “CARTA DE JOHANNES KEPLER A MICHAEL MÄSTLIN EM TÜBINGEN”

na existência de esferas sólidas de cristais – esferas essas que serviam como justificativa para as cosmologias, alicerçadas em Aristóteles, de que os planetas movem-se por meio de esferas sólidas encaixadas umas nas outras; tal quebra ocorreu quando da passagem de um cometa no céu da Europa no ano de 1577; as observações de Brahe sobre esse cometa o levaram a considerá-lo não como um fenômeno atmosférico – como era comum considerar os cometas nesse período – mas como um fenômeno astronômico, o que contradizia fortemente a existência das esferas de cristais (como um cometa poderia transpassar uma esfera sólida?). Brahe nunca foi um copernicano e, num certo sentido, também negou teses do aristotelismo, já que propôs um sistema alternativo aos de Copérnico e Ptolomeu, um sistema híbrido, se assim podemos denominá-lo, no qual a Terra está no centro do universo, sendo que a Lua e o Sol giram ao seu redor, enquanto que os planetas (Mercúrio, Marte, Vênus, Júpiter e Saturno) movem-se ao redor do Sol. O sistema tychoniano não foi aceito por Galileu; e Kepler, embora o tivesse considerado como hipótese que também deveria ser testada pelos próprios dados de Brahe, acabou, mesmo tendo um enorme respeito por Brahe, considerando o copernicanismo como a expressão da realidade do mundo celeste. A obra mais importante de Tycho é a *Restauração mecânica da astronomia* (*Astronomiae instauratae mechanica*), editada em Wandsberg, 1598, obra na qual Brahe apresenta o seu sistema híbrido do universo.

21 Kepler está se referindo ao estudo de Brahe sobre os movimentos lunares, no qual chegou ao resultado de que, nas longitudes medianas, a Lua apresenta movimentos desiguais.

22 Efemérides são tabelas que fornecem as coordenadas que definem a posição de um astro, considerando-se intervalos de tempo espaçados regularmente. As efemérides geralmente anunciam fenômenos astronômicos, de modo que são publicadas anualmente (cf. Mourão, 1995).

23 O restante da carta está relacionado a dois pontos, o primeiro é fictício, o segundo, real. O fictício é dado por Kepler queixar-se de sua saúde; em diversas cartas, ao longo de sua vida, ele sempre reclamou que sua saúde era frágil e que estava prestes a encontrar-se com a morte; de fato, sua saúde era frágil, mas os relatos de suas cartas, que sempre insistiram em doenças imaginárias, levaram os seus biógrafos a verem mais sintomas de hipocondria do que de outras doenças. O segundo ponto foi uma disputa de ordem judicial e real; tal disputa deu-se com os herdeiros de Tycho. Após a morte de Tycho, o seu quase genro, Junker Tengnagel (o qual é citado na carta de Kepler a Mästlin), apossou-se dos instrumentos de Brahe e os vendeu ao imperador Rodolfo II – que por sinal não os pagou –, os quais foram guardados a cadeado e, em poucos anos, transformados em ferro velho. O mesmo teria acontecido com os dados observacionais de Brahe, se Kepler não tivesse se apossado antes deles (na verdade, o próprio Kepler reconheceu que os havia roubado). Tengnagel exigiu os dados de volta e, pela relutância de Kepler em devolvê-los, propôs a Kepler que incluísse o seu nome na obra em que seriam utilizados os dados; Kepler concordou, mas com a condição de receber um quarto dos vencimentos anuais de Tengnagel; mas este último não aceitou e como era conselheiro da corte pressionou Kepler judicialmente a devolver-lhe os dados de Brahe, sendo a contenda prolongada até metade de 1608, quando Tengnagel se contentou em escrever um prefácio para a obra que Kepler elaborava utilizando os dados de Brahe – a *Astronomia nova* (a referida introdução só foi publicada na primeira edição). A consequência dessa disputa foi que Kepler estava impedido de publicar qualquer obra que utilizasse os dados de Brahe enquanto não resolvesse o seu problema com Tengnagel. A *Astronomia nova* ficou pronta no final de 1605 (faltando alguns ajustes), mas só pôde ser publicada em 1609. As queixas de Kepler ao final da carta estão relacionadas com essa disputa.

24 Kepler se refere à *Astronomia nova*, obra na qual estava trabalhando.

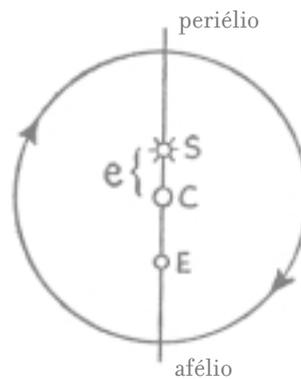
25 Trata-se da estrela Cygni 61. Essa estrela foi a primeira a ter sua paralaxe medida, por Bessel, em 1838.



Glossário

Apogeu: ponto da órbita em que o Sol, ou um planeta, está mais afastado da Terra. (Na verdade, apesar de Kepler utilizar “apogeu”, ele quer dizer “afélio”, ou seja, o ponto da órbita em que o planeta está mais afastado do Sol).

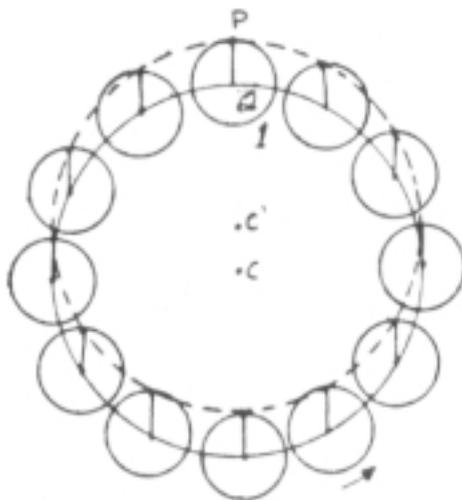
Apsides, linha das: linha que une os pontos mais extremos de uma órbita, isto é, o afélio e o periélio.



Representação da linha das apsides que une o afélio e o periélio (Koestler, 1961, p. 219)

GLOSSÁRIO

Epiciclo com deferente (concêntrico): artifício matemático utilizado para explicar as irregularidades (movimentos que não se apresentam como uniformes e circulares) dos movimentos planetários. O planeta realiza um movimento circular ao longo do epiciclo, cujo centro realiza um movimento circular sobre o círculo deferente, o qual contém o centro de movimentos. Por esse mecanismo, podia-se representar as irregularidades e ajustá-las ao axioma platônico.



Movimentos com epiciclo e deferente. O planeta P perfaz movimentos sobre o deferente c; notar que o centro do deferente pode ser deslocado, para, por exemplo, c', de modo a garantir que o planeta expresse movimentos circulares e uniformes.

Observar também que os eixos dos epiciclos devem ser paralelos ao eixo do deferente (Cohen, 1967, p. 36).

Excêntrico: círculo em que o centro de movimentos está deslocado com relação ao centro geométrico do círculo (ponto E na segunda figura da página anterior).

Latitude: coordenada elíptica de um ponto da esfera celeste; distância angular desse ponto à eclíptica.

Longitudes Heliocêntricas: pontos (posições) de um planeta durante o seu percurso ao redor do Sol. Qualquer posição do planeta fora do afélio e do periélio.

Paralaxe: método para computação da distância de um objeto (um planeta ou uma estrela) a uma base (Terra). Consistia em determinar a projeção, no fundo da qual está o objeto, dos deslocamentos do mesmo; assim, projeta-se o movimento de um objeto (um planeta) no fundo que contém as estrelas; seis meses depois, por exemplo, observa-se a projeção desse planeta no fundo estelar, e nota-se o seu deslocamento.

Perigeu: ponto de uma órbita em que o Sol, ou um planeta, está mais perto da Terra (aqui também Kepler quer dizer “periélio”, que representa o ponto da órbita em que um planeta está mais próximo do Sol).