

## Nascimentos da Física: Idade Renascentista (4-95-2)

José Maria Filardo Bassalo

Departamento de Física, Universidade Federal do Pará  
66075-900, Belém, PA, Brasil

Trabalho recebido em 15 de abril de 1995

### Resumo

Com este trabalho, iniciamos uma nova saga. Desta vez, a exemplo do escritor uruguaio Eduardo Hughes Galeano (1940- ) em sua fantástica trilogia *Memória do Fogo* (*Nascimentos*, 1986; *As Caras e as Máscaras*, 1985; *O Século do Vento*, 1988 - Editora Nova Fronteira), apresentaremos em forma de verbetes, e na ordem cronológica (segundo a divisão clássica das idades históricas), os principais fatos (nascimentos) referentes aos conceitos físicos, os quais serão apresentados por temas separados. Para isso, basicamente, usaremos os dados que coletamos nos quatro tomos de nossas *Crônicas da Física* (EUFPA: 1987, 1990, 1992, 1994) e nas referências afindicadas.

### Abstract

With this work, we begin a new saga. This time, as the Uruguayan writer Eduardo Hughes Galeano (1940- ) made in his fantastic trilogy *Memória do Fogo* (*Nascimentos*, 1986; *As Caras e as Máscaras*, 1985; *O Século do vento*, 1988 - Editora Nova Fronteira), we present in entries, and in chronological order (following the classical division of historical ages), the main events (births) concerned to the physical concepts, which will be presented in separated subjects. For that, basically, we use the data that we gather in our four books *Crônicas da Física* (EUFPA: 1987, 1990, 1992, 1994) and in the references therein.

### Idade renascentista: astronomia

#### Século 16

Em 1530, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) em seu livro intitulado *Commentariolus* (*Pequeno Comentário*) apresentou suas primeiras idéias sobre o **heliocentrismo**. (Esse livro circulou apenas entre seus alunos e amigos dentre os quais encontrava-se o matemático e astrônomo austríaco Georg Joachim von Lauchen (Rheticus) (1514-1576).) Ao analisar o modelo geocêntrico de Ptolomeu, Copérnico criticou o conceito do **equante**, pois o mesmo entrava em conflito com a "a regra do movimento absoluto" segundo o qual tudo deveria se mover em movimento uniforme de rotação em torno do centro do mundo que está perto do

Sol. Ora, isso não acontecia com o modelo ptolomaico pois neste os planetas giravam também em órbitas circulares, mas a rotação era uniforme em relação a um ponto **equante**, que não coincidia com o centro da circunferência. Portanto, o **equante** situava-se próximo da Terra.

Em 1543, estimulado por Rheticus, Copérnico veio a publicar o seu famoso livro *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Das Revoluções dos Corpos Celestes*), no qual apresentou os seguintes postulados que caracterizavam seu famoso **modelo heliocêntrico**: 1) O princípio metafísico básico era o da perfeição do movimento circular; 2) O centro da Terra não era o centro do Universo, e sim, apenas o centro da esfera lunar; 3) O centro do mundo era perto do Sol; 4) É a Terra e não a

esfera das estrelas fixas que gira em torno de seu eixo, cada 24 horas; 5) A distância Terra-Sol é muito menor do que a distância Sol-estrelas fixas. (Foi Rheticus quem ficou encarregado da impressão desse livro, sendo o clérigo alemão Andreas Osiander (1498-1552) o responsável pela sua supervisão técnica. No prefácio (não assinado e mais tarde descoberto ser de autoria de Osiander), era expresso o ponto de vista de que as hipóteses apresentadas no livro não eram necessariamente verdadeiras e que nem sequer se exigia que fossem provadas.) Através desse modelo de Copérnico se pôde explicar, naturalmente, o movimento retrógrado dos planetas como sendo devido às velocidades dos mesmos em relação à Terra. Assim, a razão da retrogradação de Mercúrio e de Vênus só ocorrer quando estão em conjunção, deve-se a sua maior velocidade, e a razão da retrogradação de Marte, Júpiter e Saturno só ocorrer em oposição, deve-se a menor velocidade deles. Além dessa explicação, o modelo de Copérnico permitiu determinar a escala do sistema solar, em Unidade Astronômica (UA) - distância Terra-Sol: Mercúrio 0,3763 UA; Vênus ~ 0,7193 UA; Marte ~ 1,5198 UA; Júpiter ~ 5,2192 UA; Saturno ~ 9,1743 UA. Apesar do modelo de Copernico haver mostrado como ocorrem os movimentos retrógrados dos planetas sem a necessidade dos epiciclos, ele próprio teve de lançar mão de 48 deles, para explicar diversas observações sobre os movimentos dos planetas e da Terra. (É oportuno registrar que Copérnico teve necessidade de lançar mão de novos epiciclos, em virtude de considerar apenas movimentos circulares uniformes para descrever os movimentos observados dos planetas.) Também usando seu modelo, Copérnico fez uma revisão no catálogo estelar de Ptolomeu, calculou e interpretou a precessão dos equinócios como sendo devido a uma pequena oscilação do eixo da Terra, estimou os tamanhos relativos da Lua, Terra e Sol como sendo 1:43:6937, e aceitou o cálculo que Aristarco de Samos havia feito da UA, isto é, como sendo de aproximadamente 1200 raios terrestres. Para justificar a ausência de observação de qualquer paralaxe anual das estrelas fixas, Copérnico justificou-a afirmando que a grande distância em que as estrelas se encontravam da Terra e a deficiência dos instrumentos astronômicos,

dificultavam sua medida. Por outro lado, para explicar porque um corpo lançado para cima (na superfície terrestre) não cairia a oeste de sua posição inicial, conforme indicava a física aristotélica, Copérnico admitia que isso não acontecia em razão do ar ser arrastado pela Terra em seu movimento em torno do Sol. Embora essa resposta fosse engenhosa, ela não pôde ser mais usada para explicar porque a Lua acompanha a Terra quando esta se desloca em seu movimento orbital.

Em 1551, o matemático e médico inglês Robert Recorde (c.1510-1558) - célebre por haver inventado o símbolo de igualdade (=) - em seu livro *Castelo do Conhecimento*, se manifestou favoravelmente ao modelo de Copérnico.

Em 1551, o matemático alemão Erasmus Reinhold (1511- 1553) publicou, com base no modelo copernicano, novas tabelas astronômicas - as chamadas **prutênicas** ou **prussianas** - superiores às **alfonsinas**, que haviam sido publicadas em 1252.

Em 1552, o físico e filósofo italiano Giambattista Della Porta (c.1535-1615) em sua obra *Magia Naturalis* chegou a descrever um **telescópio**.

Em 1572, o matemático e engenheiro inglês Thomas Digges observou um novo fenômeno nos céus, qual seja, o aparecimento de uma **estrela nova**, conforme seria denominada posteriormente.

Em 1572, em 11 de novembro, o astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) observou (e, também, astrônomos chineses e coreanos) na constelação de Cassiopeia, uma nova estrela tão brilhante quanto Vênus, visível de dia e por um período de 16 meses.

Em 1574, Tycho Brahe escreveu o livro intitulado *De Stella Nova (A Estrela Nova)* para registrar a observação que fizera, em 1572, sobre a existência de uma nova estrela nos céus. Em vista desse livro, eventos desse tipo ficaram conhecidos como **nova**. Ao analisar suas próprias medidas e ao compará-las com as de outros observadores europeus, inclusive com as de Thomas Digges, Tycho Brahe descobriu que essa nova estrela estava muito além da Lua, indicando, portanto, um rompimento com a tradição aristotélica, segundo a qual tal objeto deveria estar na esfera sublunar, já

que o céu era imutável. Registre-se que Tycho Brahe recusou o modelo de Copérnico porque ele contradizia a Bíblia e, também, porque não se observavam paralaxes anuais das estrelas, uma consequência natural desse modelo. Em vista disso, formulou seu próprio modelo: Terra parada e girando em torno dela estavam a esfera das estrelas fixas, a Lua e o Sol; este, por sua vez, carregava em torno de si os demais planetas.

Em 1576, o Rei Frederico II (1534-1588) construiu e instalou o Observatório Uraniborg (castelo dos céus), localizado na ilha de Hveen (hoje, denominada Ven), a 30 km ao norte de Copenhague). Esse Observatório foi dirigido por Tycho Brahe e foi dotado dos melhores instrumentos ópticos, alguns deles construídos pelo próprio Tycho Brahe. Com tais instrumentos, assinou com grande precisão, a posição de 777 estrelas bem como às das planetas até então conhecidos.

Em 1576, no apêndice (intitulado *Perfit Description of the Celestial Orbes*) que publicou para o nova edição do popularíssimo livro de seu pai Leonhard Digges, o *Prognostication Everlasting of Righte Cood Efecte (Prognóstico Eterno)*, Thomas Digges apresentou um diagrama do Universo no qual o Sol era o seu centro e os planetas, inclusive a Terra, giravam em torno do mesmo. Além do mais, considerava ainda o Universo como infinito, sendo as estrelas espalhadas nesse espaço infinito e não mais presas à esfera celeste conforme indica a Copérnico em seu modelo.

Em 1577, Tycho Brahe observou um brilhante cometa e, ao fazer observações do mesmo, chegou à conclusão de que estava muito além da Lua, a uma distância maior que à de Vênus, o que mostrava ser ele um verdadeiro objeto celeste e não um fenômeno meteorológico formado de vapores quentes ou secos, retirados do ar (o que gerava condições favoráveis para o desenvolvimento de doenças endêmicas) segundo os aristotélicos. Observou ainda Tycho que a extremidade da cauda desse cometa sempre apontava em sentido oposto ao do devido à ação dos raios solares; desse modo, a cauda não poderia ser formada de **gordura seca**, conforme afirmavam também os aristotélicos. Chegou a ensinar que a órbita desse cometa era ligeiramente ovalada. Com a morte de Frederico II, em 1588 subiu ao

trono seu filho que, contudo, não aceitando o modo como Tycho Brane administrava a ilha de Hveen (uma vez que usava todos os recursos para manutenção dessa ilha, para o Uraniborg) demitiu-o.

Em 1584, o filósofo italiano Giordano Bruno (1548-1600) em seu livro *Acerca do Universo Infinito e dos Mundos*, publicado em Londres, defendeu ardorosamente o heliocentrismo, bem como a pluralidade dos mundos habitados, já admitida pelo astrônomo, matemático e filósofo, Cardeal Nicolau de Cusa (1401-1464), no século 15. A defesa dessas idéias, bem como heresias de natureza religiosa, parecem indicar as razões pelas quais Giordano Bruno foi excomungado e queimado vivo pela Santa Inquisição, uma vez que o texto completo do processo inquisitório foi perdido. Em virtude da defesa dessas idéias, Giordano Bruno foi excomungado e queimado vivo pela Santa Inquisição.

Em 1595, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) procurava uma demonstração matemática para o modelo copernicano, desde que o aprendera com o também astrônomo alemão Michael Maestlin. Assim, em 9 de julho daquele ano, ao situar um triângulo entre dois círculos, percebeu que a razão entre os raios desses círculos era a mesma entre os das órbitas de Saturno e Júpiter. Em vista desse resultado, tentou inscrever outras figuras geométricas planas entre as órbitas dos planetas. Como tal modelo não se enquadrou com o de Copérnico, Kepler partiu então para os sólidos regulares pitagóricos-platônicos: tetraedro, hexaedro (cubo), octaedro, dodecaedro e icosaedro. Inicialmente, inscreveu entre as esferas dos planetas, apenas o cubo. No entanto, ao comparar a relação entre os raios dessas esferas e as distâncias das órbitas dos planetas dadas pelo modelo copernicano, verificou que havia uma grande discrepância. Em seguida, fez uma nova tentativa, deixando o cubo entre as esferas de Júpiter e Saturno e substituiu o cubo entre as esferas de Júpiter e Marte por um tetraedro. Por outro lado, os cubos entre as esferas de Marte e Terra, Terra e Vênus e Vênus e Mercúrio foram substituídos, respectivamente, pelo dodecaedro, icosaedro e octaedro. Relacionando agora os raios dessas esferas com as distâncias planetárias copernicanas, verificou que a discrepância diminuiria, à excessão de

Mercúrio, cuja esfera tangenciando o octaedro, não explicava seus movimentos. Desse modo, teve de apelar para um artifício ("pequena fraude", segundo alguns historiadores da ciência), qual seja, o de inscrever a esfera correspondente a Mercúrio, no quadrado formado pelas quatro arestas medianas do octaedro. Em vista desse sucesso parcial, Kepler continuou melhorando seu modelo matemático cada vez mais. Assim, substituiu cada esfera por duas, onde o raio da menor era a menor distância do planeta ao Sol e o raio maior, conseqüentemente, a maior distância orbital.

Em 1596, no livro intitulado *Precursor dos Tratados Cosmográficos, contendo o Mistério Cósmico das admiráveis proporções entre as órbitas celestes e as verdadeiras e corretas razões dos seus Números, Grandezas e Movimentos Periódicos*, conhecido popularmente apenas *Mistério Cosmográfico*, Kepler publicou os primeiros resultados de seu modelo planetário. Ao receber esse livro das mãos do próprio Kepler, Tycho Brahe convidou-o para trabalhar em Praga, onde chegou em janeiro de 1600. Com a morte de Tycho Brahe em 1601, Kepler foi designado **matemático imperial** em seu lugar, em 1602. Quando ainda vivo, Tycho Brahe confiou a Kepler o cálculo da órbita de Marte, tendo em vistas as observações que fizera sobre o movimento desse planeta.

### Século 17

Em 1602, ao observar que a velocidade orbital de Marte era variável (mais rápido próximo do Sol e mais lento longe do Sol), Kepler apresentou a **Lei das áreas**: - "O raio vetor ligando um planeta ao Sol, descreve áreas iguais em tempos iguais."

Em 1604, no dia 30 de setembro, Kepler observou o aparecimento de uma estrela nova nos céus, na constelação de Serpentário, e o registro da mesma foi apresentada por ele no livro *Estrela Nova*, publicado em 1606.

Em 1604, o astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642) também observou a **nova de Kepler**.

Em 1604, Zacharias Janssen imitou um **telescópio** que havia sido construído na Itália, em 1590.

Em 1607, Kepler observou uma mancha solar do

"tamanho de uma pulga magra".

Em 1608, o óptico holandês Hans Lippershey (c.1570-c.1619) apresentou em Middelburg seu pedido de patente para o **telescópio**.

Em 1609, para poder obter a forma das órbitas dos planetas, tendo em vista que as observações de Marte indicavam uma pequena excentricidade em sua órbita, Kepler fez cerca de setenta de tentativas com o objetivo de encontrá-la. Assim, inicialmente, considerou que cada esfera característica de um planeta era na realidade uma carapaça esférica de espessura suficiente que pudesse explicar a excentricidade observada. Depois, experimentou ovais. Contudo, como não conseguiu explicar uma diferença de 8', entre a forma escolhida e a órbita real observada, finalmente Kepler propôs sua Lei das órbitas: - "Os planetas se deslocam em torno do Sol em órbitas elípticas, tendo o Sol como um dos focos". Esta lei, juntamente com a lei das áreas, foram apresentadas no livro *Astronomia Nova*, e num capítulo intitulado *Comentários sobre os movimentos de Marte*, editado naquele mesmo ano.

Em 1609, o matemático e astrônomo inglês Thomas Harriot (1560-1621) - o introdutor dos símbolos matemáticos > e < - utilizou o **telescópio** para elaborar um mapa lunar, observar os satélites de Júpiter, as manchas solares e os cometas.

Em 1609, o astrônomo alemão Simon Marius (Mayer) (1570-1624) descobriu quatro satélites de Júpiter, tendo denominado-os de Io, Europa, Ganimedes e Calisto.

Em 1609, Galileu construiu um telescópio usando um tubo cilíndrico e colocando lentes em cada extremidade, uma plano-côncava e uma plano-convexa, que ele próprio havia polido. Olhando os céus com esse instrumento, Galileu fez uma série de observações. Por exemplo, ao olhar para a Lua, viu que a mesma possuía montanhas, vales, "mares" e "oceanos". Ao medir a sombra projetada pelas montanhas chegou a estimar suas alturas (~ 6.500 m). (Mais tarde, observou não existir água na superfície lunar). Novas observações com o telescópio mostraram a Galileu que o céu de estrelas fixas havia aumentado bastante, tendo inclusive

observado que na constelação de Orion, conhecida apenas como composta de 9 estrelas, sendo 6 na espada e 3 no cinturão, havia mais de 80. Notou, também, que a nossa galáxia Via Láctea, nada mais era do que "uma reunião de inumeráveis estrelas enfileiradas em grupo". Nessas observações estelares, descobriu que havia estrelas com grandeza acima da 6ª, segundo a classificação de Hiparco e Ptolomeu.

Em 1610, no dia 7 de janeiro, ao fixar seu telescópio no planeta Júpiter, Galileu descobriu que o mesmo possuía 3 satélites. Mais tarde, no dia 13, descobriu o quarto satélite. Galileu denominou esses satélites de **estrelas medicianas**, em homenagem a Cósimo II de Médici, o quarto grão-duque de Toscana. Essas primeiras observações telescópicas foram reunidas no livro *Siderus Nuncius (O Mensageiro das Estrelas)*, publicado em março de 1610. Como essas observações colocavam em cheque as afirmações aristotélicas, Galileu foi bastante criticado, em vista disso, suas novas observações telescópicas, a forma trigêmea de Saturno, em julho de 1610 e as fases de Vênus, em setembro de 1610, ele as comunicou em forma de anagrama: SMAISMRMILMEPOETALEUMIBUNENUGTTAURIAS (ALTISSIMUM PLANETAM TERGEMINUM OBSERVAVI- **Observei o planeta mais alto (Saturno) em forma trigêmea**) e HAEC IMMATURA A ME JAM FRUSTRA LEGUNTUROY (CYNTHIAE FIGURAS AEMULATUR MATER AMORUM - **A mãe do Amor (Vênus) emula as formas de Cíntia (Lua)**).

Em 1611, o astrônomo holandês Johannes Fabricius (1587-c.1615) publicou um livro no qual fez referências às manchas solares.

Em 1611, o astrônomo e jesuíta alemão Christopher Scheiner (1575-1650) fez observações das manchas solares usando uma luneta astronômica com ocular e objetiva convexas. Também fez observações solares usando apenas vidros escuros. Tais observações (realizadas com seu jovem assistente Cysat) foram comunicadas em cartas a Marcus Welser de Augsburg, um mecenas da Ciência. No entanto, como seus superiores eram aristotélicos, bem como a maioria dos que pertenciam à Academia dei Licei (à qual pertencia Welser),

ele usou o pseudônimo de *Apelles Latens post Tabulam*, para comunicar em 1612, à essa Academia, o resultado de suas pesquisas sobre as manchas solares, além de interpretá-las como pequenos corpos celestes, mesmo porque Aristóteles não falara delas em seus escritos.

Em 1612, Simon Marius (Mayer) foi o primeiro a mencionar a nebulosa de Andrômeda.

Em 1613, ao tomar conhecimento das cartas de Apelles sobre as manchas solares, Galileu comentou que já as havia observado, em 1610, e dedicou-se com afinco para estudar melhor esse fenômeno. Desses estudos, resultou o livro *Istoria e Dimostrazioni Intorno alle Macchie Solari e loro Accidenti (História e Demonstrações Relativas às Manchas Solares e seus Fenômenos)*, publicado naquele mesmo ano, no qual Galileu demonstra que as manchas solares são fenômenos relacionados com o próprio Sol e por intermédio de sua observação, determinou a velocidade de rotação solar, encontrando um período de pouco menos de um mês terrestre.

Em 1616, a Igreja Católica e, em particular, os dominicanos, rejeitaram a teoria copernicana através de um **édito**.

Em 1619, depois de várias tentativas para determinar a relação entre as distâncias e os períodos dos planetas, Kepler chegou à **Lei dos períodos**: - "A relação entre o quadrado do período de revolução dos planetas e o cubo de sua distância média ao Sol é uma constante". Acreditando que os planetas em suas órbitas entoam verdadeiros cantos musicais, Kepler chamou essa lei de **harmônica**, e apresentou-a em seu livro *Acerca das Harmonias Celestes*, publicado naquele mesmo ano.

Entre 1619 e 1621, depois de entender a cinemática do sistema planetário, Kepler tentou entender a sua dinâmica. Assim, influenciado pelo físico inglês William Gilbert (1544-1603) que havia mostrado, em 1600, ser a Terra um intenso ímã, Kepler supôs que o Sol exercia uma influência magnética sobre os planetas, a chamada **anima motrix**. Como a função dessa força magnética é mover os planetas e como estes se situam quase todos no plano da eclíptica, Kepler admitiu que a **força solar** não agia em todas as direções e sim, apenas, na direção do raio eclíptico, e que a mesma era proporcional ao inverso da distância. Essas idéias foram apresentadas em

seu livro *Epítome da Astronomia Copernicana*, escrito em três partes, e publicadas naquele período.

Em 1623, Galileu (embora advertido pela Santa Sé) publicou o livro *Il Saggiatore (O Ensaíador)* (dedicado ao seu amigo Cardeal Maffeo Barberini (1568-1644), que acabara de ser eleito Papa com o nome de Urbano VIII) no qual demonstrou que as observações astronômicas estavam mais de acordo com o heliocentrismo, afirmou que os cometas e as auroras boreais eram ilusões ópticas causadas por reflexões em vapores terrestres, que atingem o céu além da Lua, bem como enunciou sua famosa frase: - "A matemática e a linguagem da natureza".

Em 1627, Kepler publicou seu último trabalho: *Tabelas Rodolfinas*, em homenagem ao Imperador romano-austriaco Rodolfo II (1552-1612) e dedicadas à memória de Tycho Brahe, as quais contêm as observações de Tycho e dele próprio sobre o movimento dos planetas. Em sua confecção, Kepler utilizou um novo método de cálculo matemático - os **logaritmos** - que havia sido inventado pelo matemático escocês John Napier (1550-1617), em 1614.

Em 1632, Galileu publicou *Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mundo Tolemaico e Copernicano (Diálogo sobre os dois Principais Sistemas do Mundo, o Ptolomaico e o Copernicano)*. Por considerar esse livro muito copernicano, em 1633, a Santa Inquisição o processou.

Em 1637, usando mais uma vez o telescópio, Galileu descobriu as librações mensais e diurnas da Lua.

Em 1638, Galileu publicou na cidade protestante de Leiden, o livro *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno à due Nuove Scienze (Discursos sobre Duas Novas Ciências)*, que tratava, basicamente, da Mecânica e da Resistência dos Materiais.

Por volta de 1639, o astrônomo inglês Jeremiah Horrocks (1619-1641) corrigiu as Tabelas Rodolfinas de Kepler com relação ao trânsito de Vênus pelo Sol, prevendo, com muita precisão, essa ocorrência astronômica para o dia 24 de novembro desse mesmo ano. Foi defensor entusiástico das órbitas elípticas keplerianas, chegando a mostrar que a órbita da Lua tinha aproximadamente essa forma geométrica. Defendeu ainda a tese

de que Saturno e Júpiter podiam influenciar-se mutuamente e que, pela mesma razão, o Sol influía na órbita da Lua. Ele também calculou a paralaxe solar em torno de 14 minutos e estimou ainda a distância Terra-Sol.

Em 1641/1642, em seus dois últimos anos de vida, Galileu embora cego, ele os viveu ditando aos seus discípulos, o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) e o matemático, também italiano, Vincenzo Viviani (1622-1703), suas últimas idéias sobre a teoria do impacto, mais tarde incorporada aos *Diálogos* como a sexta jornada (**Da Força de Percussão**), já que a edição original continha apenas quatro jornadas. (Na sexta jornada, Galileu interpretou o Livro dos *Elementos de Geometria* de Euclides. Nesta jornada, porém de maneira incipiente, Galileu compreendeu claramente que o trabalho necessário para elevar um corpo a uma certa altura era o mesmo independente do caminho escolhido. E mais ainda, que num corpo em movimento, dois fatores são fundamentais: peso e velocidade.

Em 1644, o matemático francês Marin Mersenne (1588-1648) construiu um pêndulo cuja massa percorria uma trajetória cicloidal, utilizando, para isso, anteparos que limitavam a oscilação do fio desse pêndulo.

Em 1644, o astrônomo polonês Johannes Hevelius (1611-1687) confirmou as fases de Mercúrio.

Em 1644, o filósofo e matemático francês René Descartes (1596-1650) apresentou em seu livro *Princípios de Filosofia*, a idéia da infinitude do Universo, por não se poder pensar sobre um limite para a extensão do mesmo, como também rejeitou a existência do átomo, já que podemos pensar em dividir a matéria **ad libitum** (conforme desejamos), concluiu Descartes. Também rejeitou a idéia de vácuo ao considerar o espaço como um **plenum**, cheio de matéria da mesma espécie e em movimento, movimento esse dado inicialmente por Deus. Como não admitia a idéia de força de ação à distância, e considerando que a interação de sistemas físicos só podia ocorrer por contacto, Descartes foi levado ao conceito de éter - o seu **plenum** - e, em consequência, formulou a teoria dos vórtices para explicar a gravitação. Para a formulação dessa teoria, Descartes admitiu que a matéria, embora toda da mesma espécie, fosse constituída de partículas que variavam em tamanho: as mai-

ores compunham a terra, as médias, o ar, e as menores, o fogo. Todas essas partículas eram agrupadas em vórtices, em cujo centro ficavam as partículas de fogo, que eram rápidas. Ainda para Descartes, no centro de cada vórtice formava-se uma estrela. As estrelas, contudo, tinham tendência a se cobrir com matéria grossa para se constituir num planeta; se, contudo, este tivesse uma excessiva massa que o fizesse vaguar de um vórtice para o outro, ele tornar-se-ia planeta. Por fim, nesse modelo de Universo cartesiano, os planetas eram capturados e anotados por vórtices (redemoinhos) de partículas de éter, em cujo centro estava o Sol; por sua vez satélites planetários eram velhos planetas formados muito tempo atrás.

Em 1647, Hevellius publicou um atlas da Lua com o nome de *Selenographia*.

Em 1655, o astrônomo, matemático e físico holandês Christiaan Huygens (1629-1695) (com auxílio de seu irmão Constantijn) usou um telescópio mais potente que o de Galileu (construído com um novo método de polimento) e descobriu que "Saturno era envolto por um anel fino e plano e que em nenhum lugar toca o seu corpo". Essa descoberta, foi anunciada por ele na forma do seguinte anagrama:  $a^7c^5d^1e^5g^1h^1i^7l^4m^2n^9o^4p^2q^1r^2s^1t^5u^5$  ANNULO CINGITUR TENUI, PLANO, NUSQUAM COHAERENTE AD ECLIPTICAM INCLINATO. Ainda em 1655, Huygens descobriu Titan, o satélite mais brilhante de Saturno.

Em 1656, Huygens distinguiu componentes estelares na nebulosa de Orion; observou pela primeira vez sulcos na superfície de Marte; estimou a distância entre a Terra e as estrelas; e calculou o afastamento da estrela Sirius (suposta do mesmo tamanho do Sol) de nosso sistema solar em 4 trilhões de quilômetros. Mediante experiências feitas com uma esfera de barro, Huygens explicou o achatamento polar observado em Júpiter e, em analogia, inferiu que a Terra era também achatada e fez, em consequência, um primeiro cálculo numérico, antecipando-se à futura verificação geodésica. Nesse mesmo ano, Huygens descobriu que o período de um pêndulo é independente de sua amplitude.

Em 1657, Torricelli e Viviani fundaram a *Acca-*

*demia del Cimento (Academia da Experiência)* uma das primeiras agremiações científicas.

Em 1657-1658 Huygens inventou o pêndulo como mecanismo de regular relógios.

Em 1659, Huygens descobriu que para ter um pêndulo rigorosamente independente da amplitude, a trajetória da massa do pêndulo de ser cicloidal.

Em 1678, ao observar que existia uma analogia entre a força que mantém tenso um fio girante (em cuja extremidade se encontra uma pedra), e a rotação dos planetas em torno do Sol, Hooke foi levado a afirmar que a força de gravitação entre os planetas e o Sol, variava na razão inversa do quadrado da distância entre eles.

Em 1664, o físico inglês Robert Hooke (1635-1703) descobriu que a estrela Gamma Arietis, a quinta estrela da constelação de Orion, era uma estrela dupla.

Em 1665, o matemático e fisiologista italiano Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), em uma carta que escreveu sob o pseudônimo de Pier Maria Mutoli, intitulada *Del Movimento della Cometa apparsa il mese di dicembre 1664 (Do Movimento do Cometa aparecido em dezembro de 1664)*, admitiu que os cometas descreviam órbitas planetárias.

Em 1665-1666, o matemático e físico inglês Isaac Newton (1642-1727) começou seus primeiros trabalhos sobre a teoria da gravitação.

Em 1666, no livro *Theorica Mediceorum Planetarum (Teoria das Estrelas Medicianas)*, Borrelli admitiu que o movimento de um planeta era devido a uma combinação de três forças: a primeira, um **instinto natural** que o puxava para o Sol; a segunda, uma força lateral ou tangencial, devido aos raios solares; e a terceira, uma força tipo centrífuga que tendia a fazer o planeta recuar em direção contrária ao Sol. Essas três forças em equilíbrio, aduziu Borrelli, eram as responsáveis pelas órbitas estáveis dos planetas. Usando essas mesmas idéias, explicou os movimentos dos quatro grandes satélites de Júpiter.

Em 1666, Hooke sugeriu que a força de gravitação poderia ser medida utilizando-se o movimento de um pêndulo e, com isso, tentou mostrar que a Terra e a Lua descreviam órbitas em elípticas em torno do Sol.

Em 1669, Huygens formulou sua teoria da gravitação na qual há uma explicação mecânica dos vórtices cartesianos. (Essa teoria foi apresentada por Huygens à *Royal Society*, em 1689, e publicada no livro *Discurso sobre a causa da Gravidade*, editado em 1690.)

Em 1669, Hooke fez uma série de observações da estrela Gamma Draconis com o objetivo de medir sua paralaxe, sem, contudo, obter êxito.

Em 1671, o astrônomo franco-italiano Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) descobriu Iapeto, satélite de Saturno.

Em 1672, Cassini descobriu mais um satélite saturniano: Réia.

Em 1673, Huygens publicou seu grande livro sobre o pêndulo, o famoso *Horologium Oscillatorium sive de Motu Pendulorum*, no qual há um tratamento matemático sobre as curvaturas e a dedução do período do pêndulo simples, bem como uma análise correta do pêndulo composto.

Em 1675, Cassini descobriu que o “anel” de Saturno descoberto por Huygens era na realidade dois, separados por uma região escura, conhecida desde então como **divisão de Cassini**.

Em 1678, ao observar que existia uma analogia entre a força que mantém tenso um fio girante (em cuja extremidade se encontra uma pedra), e a rotação dos planetas em torno do Sol, Hooke foi levado a afirmar que a força de gravitação entre os planetas e o Sol, variava na razão inversa do quadrado da distância entre eles.

Em 1684, Cassini descobriu mais dois satélites de Saturno: Dione e Tétis.

Em 1684, os físicos ingleses Sir Christopher Wren (1632-1723), Edmund Haney (1656-1742) e Hooke aceitaram a hipótese de que a força exercida pelo Sol sobre os planetas varia na razão inversa do quadrado da distância, porém, não foram capazes de deduzir, dessa hipótese, as famosas leis de Kepler. Nesse mesmo ano, Newton fez uma série de conferências na Universidade de Cambridge na qual apresentou suas idéias sobre o movimento dos corpos em geral, inclusive o movimento dos planetas em torno do Sol. Com es-

sas idéias e partindo da hipótese do inverso do quadrado das distâncias, demonstrou que esse movimento era elíptico.

Em 1690, após a morte de Hevelius, foi publicado seu livro *Prodomus Astronomiae*, contendo um catálogo e um atlas celestes, e no qual há a afirmação de que Saturno tinha uma forma elíptica com dois apêndices ligados à sua superfície. Também nesse livro, há registro de suas observações sobre as manchas solares.

## Idade Renascentista: Óptica

### Séculos 16 e 17

Em 1558, o físico e filósofo italiano Giambattista Della Porta (c.1535-1615) em sua *Magia Naturalis*, parece haver sido o primeiro a descrever a visão binocular e o **telescópio**. Na segunda edição desse livro, em 1589, além da explicação e descrição do telescópio, Della Porta descreve ainda a maneira de se obter imagens em uma câmara escura (comparada por ele ao olho humano), bem como apresenta as primeiras idéias do estereoscópio. Ao realizar experiências com espelhos esféricos, particularmente os côncavos, descobriu que o foco dos mesmos tinha a propriedade de inverter a imagem, isto é, enquanto objetos colocados entre o foco e o espelho apresentavam imagens virtuais e diretas, as mesmas se tornariam reais e invertidas, quando os objetos fossem colocados além do foco. Isso o levou a denominar o foco de um espelho côncavo de **ponto de inversão**. Essas experiências levaram-no, também, à observação do efeito incandescente de raios solares incidindo nesse tipo de espelho.

O físico italiano, o abade Francesco Maurolycus (1494-1575), parece haver sido o primeiro a mostrar que a luz se desloca paralelamente ao atravessar uma lâmina de faces paralelas.

Em 1590, o óptico holandês Hans Janssen, auxiliado por seu filho Zacharias (1580-1638), utilizando uma lente côncava e uma outra convexa de pequeno poder de aumento, inventou o **microscópio composto**.

Por volta de 1591, Antonius de Dominis, Arcebispo de Spalato fez experiências semelhantes às realizadas por Teodorico de Freiberg, em 1304, isto é, estudou

o trajeto de raios solares através de esferas cristalinas ocas cheias de água.

Por volta de 1600, o astrônomo e físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) sugeriu a seguinte experiência com o objetivo de medir a velocidade da luz: se dois homens ficassem em duas colinas separadas por alguns quilômetros e emitissem luz através de lanternas providas de obturadores, a velocidade da luz poderia ser conhecida desde que se medisse o tempo gasto para a luz percorrer a distância entre as duas lanternas. A velocidade seria, então, a relação entre essa distância e aquele tempo. Apesar de Galileu e seus assistentes tentarem realizar essa experiência, a mesma malograra em virtude de serem pequenas as distâncias consideradas. Essa experiência foi descrita por Galileu em seu livro *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno à due Nuove Scienze (Discursos sobre Duas Novas Ciências)*, publicado em 1638.

Em 1603, foi fundada em Roma a *Accademie dei Lincei (Academia Licenceana)*, por quatro jovens chefiados pelo Príncipe Frederico Cesi. Os cientistas dessa Academia tentaram, sem êxito, medir a velocidade da luz pelo método proposto por Galileu.

Em 1604, Zacharias Jansen imitou um telescópio que havia sido construído na Itália, em 1590.

Em 1604, o astrônomo alemão Johannes Kepler (1571-1630) em seu livro *Suplemento a Witelo* explicou o princípio da câmara escura, o funcionamento dos óculos para míopes e presbitas, e expôs sua teoria de que a visão decorre do estímulo da retina que é atingida com os raios coloridos do mundo visível, e depois transmitida ao cérebro por uma corrente mental. Ainda nesse livro, Kepler afirmou que a intensidade da luz varia com o inverso do quadrado da distância e, com isso, pode ser considerado o precursor da **fotometria**. Por sua vez, para explicar as cores, Kepler supunha que as mesmas dependiam da densidade e da transparência dos objetos.

Em 1608, o óptico holandês Hans Lippershey (c.1570-c.1619) apresentou em Middelburg seu pedido de patente para o **telescópio**. Com esse instrumento óptico, observou um catavento de uma torre distante que lhe pareceu ampliado.

Em 1609, ao tomar conhecimento do instrumento óptico holandês, Galileu construiu o seu próprio telescópio, constituído de duas lentes de óculos (uma convergente e uma divergente), montadas em dois tubos corrediços de chumbo, e com um aumento equivalente a três diâmetros. Percebendo a importância de tal dispositivo, Galileu passou a polir suas próprias lentes, conseguindo com isso construir telescópios cada vez mais potentes, sendo que o maior que conseguiu construir tinha um diâmetro de 4,4 cm e um poder de aumento de 33 diâmetros. Com tais instrumentos, Galileu fez, em 1610, uma série de descobertas astronômicas. Apesar de usar cientificamente o telescópio, Galileu não formulou nenhuma teoria sobre o mesmo que pudesse responder às críticas que seus adversários faziam às suas observações astronômicas. Dentre esses adversários destacam-se os italianos Cesare Cremonini e Giulio Libri que, inclusive, se recusavam a olhar para o céu por meio do telescópio. Por ocasião da morte de Libri, Galileu teria feito o seguinte comentário: -"Libri não quis ver as minhas bagatelas celestes quando estava na Terra; talvez sim, agora que foi para o céu". (O nome **telescópio** foi dado por ocasião de um banquete oferecido a Galileu, pela *Accademia Licenceana*.)

Em 1609, o astrônomo e matemático inglês Thomas Harriot (1560-1621) fez observações telescópicas da Lua, com as quais organizou mapas da superfície lunar. Para haver sido ele um dos primeiros a descobrir a **lei da refração da luz**.

Em 1610, depois de tomar emprestado um telescópio do Duque Ernesto de Colônia, Kepler começou seu estudo teórico das lentes para poder entender o funcionamento do telescópio. Em vista disso, escreveu o livro *Dioptrice* composto de definições, axiomas, problemas e proposições (num total de 141), no qual desenvolveu toda a teoria óptica instrumental. Nesse livro, descreveu um telescópio formado de duas lentes convexas e um microscópio composto; demonstrou a maneira de determinar o foco de um espelho parabólico; e completou sua teoria pioneira da visão afirmando que os raios luminosos provenientes de objetos visíveis, após refratarem-se nas lentes dos olhos, projetam-se em forma invertida na retina. Sobre a refração, achava que a mesma se de-

via à maior resistência dos meios densos. Tentou, sem êxito, obter matematicamente a lei da refração da luz usando, para isso, funções trigonométricas. Kepler defendia, também, a idéia aristotélica (incorreta) sobre a infinitude da velocidade da luz.

Em 1612, Galileu utilizou um telescópio às avessas - **microscópio** - para descrever o olho complexo de um inseto, bem como para descrever a textura das folhas. Maravilhado com o que acabara de ver, chegou a oferecer esse novo instrumento óptico a seu amigo, o Príncipe Frederico Cesi, para que esse visse milhares de coisas curiosas e, também, verificasse como a **pulga é horrível**.

Em 1621, o matemático holandês Winebrord van Roijen Snen (1591-1626) observou experimentalmente que a mudança do raio refratado em relação à direção do raio incidente era decorrente de uma lei do tipo seno.

Em 1637, o filósofo e matemático francês René Descartes (1596-1650) em seu *La Dioptrique*, escrito como suplemento de seu famoso *Discours sur la Methode (Discurso sobre o Método)*, apresenta um tratamento matemático da lei da refração da luz. Nesse trabalho, Descartes demonstra que são as semicordas do dobro dos ângulos de incidência e de refração que permanecem constantes quando a luz atravessa a superfície de separação de dois meios transparentes. Usando a teoria corpuscular da luz, concluiu que a velocidade da mesma é maior nos meios mais refringentes, isto é, mais densos. Ainda em *La Dioptrique*, após descrever a visão através do olho, Descartes abordou o problema de projetar lentes para telescópios, microscópios, e outros instrumentos ópticos porque acreditava na importância desses instrumentos para a Óptica e a Biologia. Nesse livro e no Livro II de *La Geometrie*, escrito também em 1637, como terceiro suplemento ao seu *Discours*, Descartes estudou o problema geral de encontrar qual a superfície que separando dois meios, faria com que os raios luminosos partindo de um mesmo ponto e após se refratarem nessa superfície, convergiria para um outro ponto bem determinado. Descobriu então Descartes que a curva que gera tal superfície é uma oval - a **oval de Descartes**. (A definição moderna dessa oval é a seguinte: lugar geométrico dos pontos M que satisfa-

zem à condição -  $FM \pm nF'M = 2a$  -, onde  $F$  e  $F'$  são pontos fixos (focos),  $2a$  é um número real  $> FF'$ , e  $n$  é qualquer número real. Se  $n = 1$ , a oval torna-se uma elipse.) Descartes preocupou-se, também, com a natureza da luz, havendo então formulado uma teoria segundo a qual a luz era essencialmente uma pressão que se transmitia através de um meio perfeitamente elástico - o **éter luminífero** - que enche todo o espaço. Ele atribuía a diversidade das cores a movimentos rotatórios das partículas luminosas com diferentes velocidades através desse meio. No trabalho *Les Météores*, escrito ainda em 1637, e também como suplemento de seu *Discours*, Descartes utilizou seu estudo da refração da luz para explicar o ângulo de visão do arco-íris ( $\sim 42^\circ$ ) que havia sido medido pelo filósofo inglês, o monge franciscano Roger Bacon (1214-1292), em 1266.

Em 1661, o matemático francês Pierre Fermat (1601-1665) utilizou o seu **princípio do tempo mínimo** - "A Natureza sempre escolhe os menores caminhos" - formulado em 1657 para demonstrar a lei da refração da luz. Para fazer essa demonstração, formulou hipótese de que as **resistências** (inverso da velocidade da luz) dos meios mais densos eram maiores que as dos meios menos densos, em frontal desacordo com o ponto de vista de Descartes que afirmava exatamente o contrário, isto é, a velocidade da luz é maior nos meios mais densos.

Em 1663, o matemático e astrônomo escocês James Gregory (1638-1675) aventou a hipótese de que pudesse ser construído um tipo de telescópio que usava um espelho parabólico, ao invés de uma lente, para concentrar a luz vinda de um astro.

Em 1665, o físico inglês Robert Hooke (1635-1703) registrou, em seu livro *Micrographia*, observações que mostravam a presença de luz na sombra geométrica de um objeto iluminado e, também, a presença de cores produzidas por uma lâmina transparente e fina, de faces paralelas e iluminada com luz branca. Descreveu ainda Hooke nesse seu livro, a presença de anéis coloridos quando uma das faces da lâmina é uma superfície esférica. (Observações semelhantes foram realizadas, nessa mesma época, pelo físico inglês Robert Boyle (1627-1691).) Como a concepção tradicional de raio

luminoso era insuficiente para explicar esses fenômenos, relacionados à difração e interferência da luz, conforme ficou demonstrado mais tarde, Hooke tentou pela primeira vez uma nova hipótese sobre a natureza da luz, ao propor a idéia de que esta consistia de rápidas vibrações que se propagavam instantaneamente, em alta velocidade e em qualquer distância, porém, a frente dessa **onda** não era necessariamente perpendicular à direção de propagação da mesma em um meio homogêneo. Neste, acreditava ainda Hooke que cada vibração geraria uma esfera que cresceria constantemente. Por outro lado, afirmava também Hooke que em um meio transparente opticamente denso, a velocidade da luz aumentava. Além dessas experiências descritas em *Micrographia* também nesse livro Hooke falou das observações que realizou de insetos, plumas de aves e escamas de peixe usando um microscópio composto de várias lentes, porém de fraco poder de aumento. Com esse instrumento, Hooke fez uma importante descoberta para Biologia; através de cortes delgados em um pedaço de cortiça, observou que a estrutura da mesma era constituída de unidades ocas, retangulares e regularmente alinhadas, às quais denominou **células**.

Em 1665, no livro *Physico-Mathesis de Lumine, Coloribus et Iride* publicado após sua morte, o físico italiano Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) descreveu algumas experiências nas quais mostrou que a propagação da luz pode se realizar de uma quarta maneira (além das três tradicionalmente conhecidas à sua época: reflexão, refração e difusão), denominada por ele, então de **difração**. Sua convicção a respeito desse novo fenômeno luminoso foi tão grande que o apresentou como Proposição I desse seu livro e, a partir daí, passou a relatar algumas experiências que realizou explicando-as por intermédio desse novo fenômeno físico que acabara de descobrir. Na descrição de uma dessas experiências, Grimaldi demonstrou que se um feixe de luz branca passar através de dois estreitos orifícios, situados um atrás do outro, e em seguida atingir um anteparo branco, haverá neste uma região iluminada além da que deveria existir se a luz se propagasse em linha reta. É como a luz se "encurvasse" ao passar pelos orifícios, afirmou Grimaldi. Nesse tipo de ex-

periência, observou ainda que, nas bordas dessa região iluminada, havia uma ligeira coloração avermelhada e azulada. Fenômenos análogos aos descritos acima, Grimaldi também observou no iluminamento de objetos opacos ou coberto de fendas finas.

Em 1666, o físico e matemático inglês, Sir Isaac Newton (1642-1727) estudou as cores exibidas por películas finas, fenômeno esse até hoje conhecido como **anéis de Newton**. Em suas experiências sobre as cores, Newton descobriu o fenômeno da dispersão da luz, isto é, que a luz solar branca ao passar por um prisma de vidro era decomposta nas cores do arco-íris. Convencido de que essas cores estavam presentes na própria luz branca e que as mesmas não foram criadas no prisma, Newton realizou um outro tipo de experiência na qual fez passar essas cores do arco-íris por um segundo prisma invertido em relação ao primeiro, reproduzindo, dessa forma, e em uma tela, a luz branca original. Observou ainda Newton que se apenas uma cor do arco-íris atravessasse um prisma, não haveria mais a decomposição cromática, já que o feixe de luz que emergia do prisma apenas alargava-se ou estreitava-se dependendo da incidência inicial, permanecendo, assim, da mesma cor. A hipótese de que a luz branca nada mais era do que uma combinação das cores do arco-íris foi confirmada por Newton na célebre experiência do disco colorido - o **disco de Newton**, como hoje é conhecido -, que, ao ser girado, aparece branco. Usando esse fenômeno que acabara de descobrir, Newton mostrou que o arco-íris era devido à dispersão da luz solar nas gotículas de água nas nuvens. E mais ainda, que a existência de um arco-íris duplo era consequência de uma dupla reflexão sofrida pelo raio luminoso no interior das gotículas. Ainda nessas experiências sobre Óptica, Newton observou que o índice de refração de uma substância variava com a cor, pois, ao examinar através de um prisma, um pedaço de papelão pintado de vermelho e azul, notou que para uma mesma incidência de raios luminosos, os raios refratados pelo prisma eram diferentes para cada cor, já que as imagens das cores do papelão eram deslocadas, havendo, dessa forma, superposição da parte limítrofe das duas regiões pintadas. Esse fenômeno da dispersão da luz

mostrou a Newton que os telescópios convencionais até então usados, tipo galileano ou kepleriano, apresentavam um limite de aplicabilidade, pois a formação de sombras coloridas em torno das imagens dos astros se acentuaria na medida em que se tentava obter maiores aumentos com esses telescópios, produzindo desse modo imagens turvas, devido ao fenômeno conhecido como **aberração cromática**.

Em 1668, Newton inventou o **telescópio refletor** que concentrava a luz vinda de um astro, depois de se refletir em um espelho parabólico, em lugar da refração através de uma lente. Esse telescópio (tipo gregoriano) inventado por Newton apresentava duas grandes vantagens: primeiro, eliminava o fenômeno da absorção luminosa, já que a luz é refletida ao invés de ser refratada; segundo, não há nele o fenômeno da aberração cromática. Esse telescópio newtoniano media 15 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro, com a capacidade de aumentar de 30 a 40 vezes, o objeto real.

Em 1669, em uma pequena memória intitulada *Experimentis Crystalli Islandici Disdiastistici, quibus Mira et Insolita Refractio Detegitur*, o médico dinamarquês Erasmus Bartholinus (1625-1698) descreveu as experiências que realizou com um cristal transparente de carbonato de cálcio trazido por alguns comerciantes da Islândia, razão pela qual esse cristal passou a ser conhecido como **espato-da-islândia**. Nas primeiras experiências que realizou com esse cristal, percebeu que o mesmo duplicava objetos quando estes eram vistos através dele, fenômeno esse que Bartholinus denominou de **dupla refração**. No prosseguimento de suas pesquisas com esse cristal, observou que se o mesmo sofresse uma rotação, uma das imagens permanecia fixa, enquanto a outra se deslocava acompanhando o giro do cristal concluiu, então, que havia dois tipos de refração, uma responsável pela imagem fixa, à qual denominou de **refração ordinária** (que obedece à lei de Snen-Descartes), e uma outra responsável pela imagem móvel, denominada por ele de **refração extraordinária**.

Em 1671, Newton construiu um novo telescópio refletor de 23 cm de comprimento, porém com o mesmo diâmetro do anterior: 2,5 cm.

Em 1672, ao estudar com mais detalhes a difração da luz, Hooke confirmou sua hipótese da transversabilidade da onda luminosa.

Em 1673, o microscopista holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) - um exímio construtor de lentes muito delicadas e de pequena distância focal -, foi o primeiro cientista a descobrir seres vivos unicelulares, hoje denominados **protozoários**, usando um microscópio simples.

Entre 1672 e 1676, Newton comunicou suas pesquisas sobre Óptica à *Royal Society* de Londres. Aliás, as pesquisas de Newton sobre fenômenos físicos fizeram-no membro desta Sociedade Científica.

Em 1675, o astrônomo dinamarquês Olaus Roemer (1644-1710) fez observações cuidadosas dos eclipses dos satélites de Júpiter, que Galileu havia descoberto em 1610. Nessas observações, Roemer percebeu que havia um certo atraso desses eclipses que ocorriam quando Júpiter se afastava da Terra, em relação aos que ocorriam quando Júpiter se aproximava da Terra. Em vista disso, concluiu que aquele atraso era devido ao tempo gasto para que a luz, com velocidade finita, atravessasse a órbita da Terra. Em vista disso, concluiu que aquele atraso era devido ao tempo gasto para que a luz, com velocidade finita, atravessasse a órbita da Terra. Com base nesse resultado, Roemer conseguiu prever alguns eclipses, porém seu trabalho não chegou a impressionar os cientistas que freqüentavam a Academia Francesa de Ciências, quando comunicou nesta, o resultado de suas pesquisas. Nessa época, prevalecia a idéia aristotélica sobre a infinitude da velocidade da luz, defendidas por grandes cientistas, inclusive Descartes. (É importante destacar que o uso dessas observações de Roemer, levou outros astrônomos a estimar a velocidade da luz como sendo  $\sim 220.000$  km/s.)

Em 1683, van Leeuwenhoek descreveu as primeiras **bactérias**, usando um microscópio simples.