

Nascimentos da Física

José Maria Filardo Bassalo

Departamento de Física da UFPA

66075-900 - Belém, Pará

e-mail:bassalo@amazon.com.br

Trabalho recebido em 11 de setembro 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 (seguindo 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 aí indicadas.

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: Calor

Séculos 16 e 17

Em 1578, o médico Johannis Hasler (1548- ?) publicou o livro *De Logistica Medica*, no qual apresentou uma escala de temperatura que mostra a relação entre a temperatura do homem e o local onde habita. Segundo essa escala, nos trópicos a temperatura do corpo humano é maior do que nas zonas frias.

Em 1592 (ou 1597), o astrônomo e físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) construiu um dispositivo para medir a variação de temperatura dos corpos. Era um tubo de vidro, com uma extremidade esférica, no qual era depositada água colorida (ou **espírito de vinho**, isto é, produto da destilação do vinho constituído principalmente de álcool) até sua metade, e o bulbo colocado para cima, em um recipiente contendo a mesma

água colorida. Dessa forma, a coluna de água no tubo se moveria para cima e para baixo, em conseqüência da expansão térmica do ar contido no tubo. No entanto, esse dispositivo apresentava duas limitações. Como estava em contato com o ar as variações da pressão atmosférica alteravam profundamente os resultados. Por outro lado, como Galileu não utilizou nenhuma escala termométrica, o seu aparelho era simplesmente um **termoscópio**, que é um aparelho que permite apenas observar a variação da temperatura ambiente (do grego: **thérme**, calor; **skopein**, observar).

Por volta de 1600, o químico e médico flamengo Jan Baptist van Helmont (1577-1644) - o descobridor do **gás carbônico** - cunhou a palavra **gás**, ao designar por **espíritos** os componentes voláteis obtidos por vários processos. (Convém ressaltar que existe uma controvérsia com relação à origem dessa palavra. Há

quem atribua sua origem à palavra **ghoast** que, em flamengo, significa **espírito**. Outros dizem que provém de um vocábulo hebreu que significa “impureza que se separa de um corpo”, e outros, ainda, derivam-na da palavra grega **chaos**).

Em 1603, o físico e matemático italiano Benedetto Castelli (1577-1644), discípulo de Galileu, fez referências ao termoscópio de seu mestre.

Em 1611, o médico italiano Santorio Santorio (1561-1636) adaptou ao termoscópio galileano uma escala termométrica rudimentar. Inicialmente, registrou os níveis que a coluna de água do tubo atingiam quando em contato com o gelo fundido e a chama de uma vela; em seguida, dividiu o intervalo correspondente em 110 partes. Em vista disso, esse médico pode ser considerado como o inventor do primeiro **termômetro clínico**.

Em 1612, no livro *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua (Discurso sobre coisas que flutuam)*, Galileu usou o princípio das velocidades virtuais (que havia sido esboçado pelo matemático flamengo Simon Stevinus (1548-1620), em 1586) para mostrar o equilíbrio de um fluido num sifão, bem como para determinar as condições de flutuação de corpos sólidos em um líquido. (É oportuno registrar que o **sifão** é um tubo recurvado em U, sendo um braço maior do que o outro. Qualquer líquido será transferido de um reservatório colocado na base do braço menor até a extremidade do braço maior, quando o tubo está cheio com o mesmo líquido.)

Em 1613, o nobre veneziano Giovanfrancesco Sagredo (1571-1620), um amigo de Galileu, efetuou uma série de observações com o termoscópio galileano.

Em 1620, o filósofo inglês Francis Bacon, Lord Verulam (1561-1626) apresentou a idéia de que o calor era uma forma de movimento, no livro intitulado *De forma Calidi*.

Em 1624 (ou 1626), o jesuíta Jean Leurechon (1591-1670) introduziu o termo **termômetro**, no trabalho intitulado *Recréation Mathématique (Recreação Matemática)*, sob o pseudônimo de H. van Etthen.

Em 1626, o inventor holandês Cornelius Jacobsson Drebbel (1572-1633) - o construtor do 1º submarino - e, independentemente, o médico inglês Robert Fludd (1574-1637) introduziram melhoramentos no termoscópio galileano.

Em 1629, o holandês Isaac Beeckman (1570-1637)

afirmou que “o ar é pesado e nos pressiona de todos os lados de uma maneira uniforme”.

Por volta de 1630, parece haver sido um jardineiro de Florença quem observou que a água extraída dos poços por meio de bombas aspirantes, nunca subia acima de 18 braças, isto é, cerca de 10,33m.

Em 1630, o químico e médico francês Jean Rey (1582-1632) introduziu um aperfeiçoamento no termoscópio galileano, ao considerar a água como substância termométrica, ao invés do ar, como acontecia naquele termoscópio. Com efeito, Rey tomou um frasco com um bulbo e uma haste longa e delgada, enchendo-o de água. As mudanças de temperatura eram meramente observadas em virtude da variação do nível da água na haste. Com esse simples instrumento, Rey descobriu que o estanho e o chumbo quentes, mudavam sua massa quando em contato com o ar.

Em 1631, Rey escreveu uma carta ao matemático, filósofo e teólogo, o padre franciscano francês Marin Mersenne (1588-1648) explicando que a variação de massa do estanho e do chumbo quentes quando em contato com ar, era devido ao ar condensado que aderira a essas substâncias.

Em 1638, Galileu publicou o livro *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno á Due Nuove Scienze Attenenti alla Meccanica e Movimenti Locali (Discursos e Demonstrações Matemáticas em torno de Duas Novas Ciências Atinentes à Mecânica e aos Movimentos Locais)* no qual descreveu as experiências que realizou com o objetivo de calcular o peso do ar em relação ao da água, chegando ao resultado de que a água pesava cerca de 400 vezes mais que o ar. (O valor verdadeiro é de 773.) Ainda nessas experiências, Galileu observou que uma bomba de sucção não conseguia elevar água a uma altura superior a pouco mais de dez metros. Tal resultado era explicado pelos aristotélicos como sendo devido ao fato de que “a Natureza tem horror ao vácuo”, sem, contudo, dizerem a razão pela qual a água sobe até justamente aquela altura. Galileu, por sua vez, explicou-o afirmando que a ruptura da massa d'água quando atingia a altura de cerca de dez metros se devia a que ela, a água, não era capaz de suportar determinado esforço limite. O mesmo deveria acontecer com outros líquidos, acrescentou Galileu. Afirmou mais ainda que a altura atingida pelo líquido é inversamente

proporcional ao seu peso específico e seu valor permite determinar a “resistência ou o peso do vácuo”.

Em 1639, inspirado nos *Discorsi* de Galileu, Gasparo Berti construiu um tubo de chumbo de 11 m de comprimento, imerso em água, que terminava numa longa cabeça de vidro, e o fixou na fachada de sua casa, em Roma. Com esse dispositivo, verificou Berti que a água no tubo permanecia equilibrada na altura em torno de 10 m. Contudo, verificou ainda nessa experiência que a água no tubo se punha a borbulhar. O que era muito natural, pois o ar dissolvido na água escapava, formando bolhas, o que, por outro lado, era bastante constrangedor para os partidários da existência do vácuo, como o próprio Berti. No entanto, para os aristotélicos defensores do apotegma - “A Natureza tem horror ao vácuo” -, esse borbulhamento era devido ao ar (ou vapor d’água) que se encontrava na parte superior do tubo.

Em 1643, o físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, mediou a **pressão atmosférica** por intermédio da seguinte experiência. Tomou um tubo de vidro de cerca de quatro pés de comprimento, encheu-o de mercúrio e, com uma extremidade tapada, mergulhou-o numa cuba contendo também mercúrio. Verificou, então, que o nível de mercúrio no tubo descia, deixando no alto um espaço **aparentemente vazio**, enquanto a altura da coluna de mercúrio se estabilizava em torno de 76 cm. Para explicar esse resultado, Torricelli dizia que a coluna de mercúrio se deslocava devido ao **peso do ar** que pressionava o mercúrio na cuba. Desse modo, Torricelli tornou-se a primeira pessoa a produzir um **vácuo**. Nessas experiências, observou também que a altura da coluna de mercúrio variava diariamente.

Em 1643, experiências sobre pressão atmosférica também foram realizadas pelo físico italiano Vincenzo Viviani (1622-1703), um outro discípulo de Galileu.

Por volta de 1643, o aristotélico Pierius afirmou que no alto do tubo usado por Torricelli, não existia vácuo, e que o mesmo era preenchido por vapores de mercúrio.

Por volta de 1644, o soberano italiano Fernando II de Toscana (1610-1670) introduziu um aperfeiçoamento no termômetro de Rey. Este, apresentava uma deficiência, já que a água tinha contato direto com o ar e, em vista disso, a sensibilidade de suas medidas variava com a pressão atmosférica. Para contornar essa dificul-

dade, esse soberano construiu um termômetro tipo-Rey, porém com a extremidade da haste longa hermeticamente fechada. Além do mais, introduziu um outro aperfeiçoamento nesse tipo de termômetro, ao usar o álcool como substância termométrica, já que seu ponto de congelamento é mais baixo do que o da água.

Em 1644, Mersenne divulgou em Paris, a experiência de Torricelli, depois de receber de Roma, informação sobre a mesma.

Em 1646, em Outubro, o matemático, físico e filósofo francês Blaise Pascal (1623-1662) repetiu a experiência de Torricelli, em Rouen, juntamente com o engenheiro e geógrafo francês Pierre Petit (1598-1677) (amigo de seu pai) que o visitara, trazendo-lhe a notícia dessa experiência que ouvira de Mersenne, em Paris. Muito embora nessa experiência haja sido obtido o **vácuo torricelliano** pela primeira vez em França, a mesma não foi capaz de persuadir os aristotélicos franceses defensores do **Horror vacui**.

Em 1647, em Outubro, Pascal publicou o livro *Expériences Nouvelles Touchant le Vide (Novas Experiências Relativas ao Vácuo)* no qual relatou uma série de experiências realizadas (algumas delas, com seu cunhado Florin Périer (1605-1672)) com o objetivo de reobter o **vácuo torricelliano**, mas, desta vez, usando outros tipos de líquidos além do mercúrio, tais como: água, vinho, óleo e ar (este, considerado como um líquido, conforme opinião corrente nessa época). Nessas experiências, utilizando tubos de vidro (com cerca de 15 m) das mais variadas formas e de diversos diâmetros, demonstrou que a hipótese do ar rarefeito que decorria da experiência realizada por Berti não era verdadeira, uma vez que a altura da coluna de mercúrio permanecia a mesma, isto é, sem variar, ao contrário do que deveria acontecer, caso houvesse ar rarefeito nos tubos. Por outro lado, ao utilizar vários líquidos, Pascal demonstrou, também, que a hipótese de Pierius sobre a presença de vapor de mercúrio no **vácuo torricelliano** era inexata. Por exemplo, ao utilizar vinho e água (e sendo o vinho mais volátil que a água), era de se esperar, segundo a hipótese de Pierius, que o vinho se equilibrasse num nível mais baixo que o da água; contudo, Pascal observou exatamente o contrário.

Em 1647-1648, após a publicação do *Nouvelles*, o padre jesuíta francês Estienne Noël (1581-1660) travou

uma polêmica com Pascal sobre a existência ou não do vácuo, e a transmissão da luz através dele.

Em 1648, no dia 19 de Setembro, por sugestão de Pascal, Florin realizou uma experiência na montanha *Puy-de-Dôme*, próxima de Clermont Ferrand (cidade onde nascera e vivia), pela qual observou que havia uma diferença de mais de oito centímetros nos níveis indicados pelos **tubos torricellianos** (construídos pelo próprio Pascal) colocados no pé e no alto daquela montanha. Esse resultado, confirmou a suspeita de Pascal sobre a variação da pressão atmosférica com a altitude.

Em 1648, em Outubro, Pascal publicou o trabalho intitulado *Récit de la Grande Expérience de l'Équilibre des Liquers (Relato da Grande Experiência do Equilíbrio dos Líquidos)*, no qual relatou a experiência que realizou na Torre de Saint Jacques, em Paris, a qual confirmou sua hipótese de ser o peso do ar a causa das alturas atingidas pelos líquidos nos aparelhos por ele utilizado, ou seja, que a pressão atmosférica variava com a altura.

De 1649 até 1654, Pascal trabalhou no sentido de ordenar, de maneira lógica e sistematizada, os resultados obtidos por ele e por outros cientistas, relacionados com os líquidos e o “vácuo torricelliano”. Assim, preparou três Tratados: *Traité de l'Équilibre des Liquers (Tratado do Equilíbrio dos Líquidos)*, *Traité de la Pesanteur de la Masse de l'Air (Tratado do Peso da Massa do Ar)*, e o incompleto *Traité du Vide (Tratado do Vácuo)*. (Os dois primeiros Tratados foram publicados por seu cunhado Florin e Guillaume Desprez, em 1663, depois de sua morte. Quanto ao terceiro Tratado, uns poucos fragmentos e um esboço de prefácio foram encontrados pelo Abade C. Bossut, que os publicou em 1779.) Nesses trabalhos, Pascal ressaltou alguns resultados obtidos de suas experiências: -“Os líquidos pesam segundo sua altura”; -“Todos os efeitos outrora atribuídos ao **Horror vacui** nada mais são do que casos particulares da regra geral do equilíbrio dos líquidos”. Também nesses livros, apresentou o famoso **princípio de Pascal** (obtido em 1647) - “A pressão exercida sobre os fluidos, é transmitida com progressiva diminuição, por todas as partes do mesmo e que atua normalmente sobre as superfícies”. Esse princípio permitiu-lhe demonstrar o também famoso **princípio da prensa hidráulica** - “Se dois vasos comunicantes são fechados por pistões e estes são carregados com pe-

sos proporcionais às suas áreas, o equilíbrio será conseguido porque, devido à invariabilidade do volume do líquido, os deslocamentos provocados pelos pistões são inversamente proporcionais aos seus carregamentos”.

Em 1650, o filósofo, físico e engenheiro alemão Otto von Guericke (1602-1686) começou suas experiências no sentido de obter o **vácuo torricelliano**. Inicialmente, tentou obtê-lo retirando água do interior de um barril de madeira por intermédio de uma mangueira de bombeiro. No entanto, a deficiência na calafetação e mesmo devido à porosidade da madeira, o ar penetrou no barril dificultando a experiência. Numa segunda tentativa, Guericke colocou um barril menor dentro de um maior, encheu-os de água e começou a retirá-la. Desta vez, conseguiu obter um vácuo parcial no barril interno. Posteriormente, usando agora uma esfera de cobre, obteve por fim um razoável vácuo retirando ar de seu interior. Prosseguindo suas pesquisas, conseguiu construir uma bomba de vácuo, com a qual realizou uma série de experiências. Por exemplo, ao retirar ar de um recipiente demonstrou que o som de uma campainha, nele colocado, não podia ser ouvido, comprovando, assim, a afirmação aristotélica de que o som não se propaga na ausência de um suporte físico, quer seja ele sólido, líquido ou gasoso. Verificou ainda Guericke que, no vácuo, as velas não queimam e os animais não sobrevivem.

Em 1654, Guericke fez a célebre experiência dos **hemisférios de Magdeburg**. De posse de dois hemisférios (de 14 polegadas (35.5 cm) de diâmetro) de metal que se encaixavam por intermédio de uma fita também de metal, retirou o ar de seu interior, e tentou separá-los por intermédio de duas parelhas de oito cavalos. Essa experiência foi realizada ao ar livre, por ocasião do Congresso Imperial de Regensburg (Ratisbon), e na presença do Imperador Fernando III (1608-1657). Para mostrar que o peso da atmosfera era que mantinha a esfera fechada, em cujo interior existia o vácuo, Guericke fez o ar voltar ao interior da esfera e, então, ela abriu-se espontaneamente. (É interessante registrar que até esse ano de 1654, Guericke não tinha conhecimento da experiência de Torricelli, até que o padre capuchinho Valerianus Magnus falou-lhe da mesma, por ocasião daquele Congresso, apresentando-se como seu primeiro realizador.)

Em 1657, Torricelli e Viviani fundaram a *Accademia del Cimento* (*Academia das Experiências*), em Florença, Itália, com um decidido apoio de Fernando II de Toscana.

Entre 1657 e 1667, período em que funcionou a *Accademia del Cimento*, seus cientistas realizaram várias experiências termométricas, bem como introduziram uma inovação pioneira nos termômetros, ao adotarem o mercúrio como substância termométrica. Nessas experiências, aqueles cientistas demonstraram que quantidades iguais e à mesma temperatura de líquidos diversos (por exemplo, água e mercúrio) eram incapazes de fundir igual quantidade de gelo.

Em 1657, o físico e químico inglês Robert Boyle (1627-1691) tomou conhecimento das experiências de Torricelli e Guericke e, assistido pelo hábil físico inglês Robert Hooke (1635-1703), aperfeiçoaram a bomba de vácuo de Guericke colocando um **tubo de Torricelli** em sua câmara de vácuo, como qual podia fazer subir ou descer a coluna de mercúrio desse instrumento, bastando para isso alterar a pressão na câmara.

Em 1660, Boyle publicou o livro *New Experiments Physio-Mechanical, Touching the Spring of the Air and Its Effects* (*Novas Experiências Físico-Mecânicas, Concernentes à Elasticidade do Ar e Seus Efeitos*), no qual descreveu uma série de experiências realizadas com a sua **bomba de vácuo**. Com essas experiências (auxiliado ainda por Hooke), demonstrou que a luz se propaga no vácuo (Boyle tentou em vão “pesar” a luz fazendo-a incidir em um prato de balança); que as ações elétrica e magnética também se manifestam nele; e que no vácuo todos os corpos caem com a mesma aceleração, confirmando, desse modo, a tese galileana. Demonstrou mais ainda que o ar é necessário para a queima dos corpos, respiração e transmissão do som.

Em 1660, foi fundada a **Royal Society of London for the Promotion of Natural Knowledge** que substituiu o *Invisible College* (**Colégio Invisível**) de Londres e Oxford, que se reuniu pela primeira vez, em 1645.

Em 1660, os aristotélicos, o filósofo inglês Thomas Hobbes (1588-1679) - autor do famoso *Leviathan*, editado em 1651 - e o jesuíta Franciscus Linus criticaram duramente o livro de Boyle. Linus defendia a hipótese de que acima da coluna de mercúrio, no **tubo de Torricelli**, existia ao invés de vácuo, uma membrana in-

visível, o **funículo**, que era responsável pela adesão do mercúrio às paredes do tubo.

Em 1661, Boyle apresentou em uma sessão da *Royal Society* sua idéia de que “as pressões e as expansões” do ar seriam inversamente proporcionais, enquanto a temperatura fosse mantida constante.

Em 1661-1662, dois compatriotas de Boyle, Richard Tow(ne)ley (1629-1705) e Henry Power (1623-1668), independentemente, fizeram observações sobre o comportamento isotérmico do ar. Tow(ne)ley, por exemplo, foi quem mostrou a Boyle que na tabela na qual o mesmo relacionava as diferenças de nível entre as extremidades da coluna de mercúrio em um tubo em forma de **J**, tendo a extremidade da perna menor fechada, e o volume do ar confinado nessa mesma perna, se podia observar que suas respectivas medidas eram inversamente proporcionais. (É oportuno notar que, por essa razão, alguns historiadores da Ciência como o matemático-físico norte-americano Clifford Ambrose Truesdell III (1919-) denomina a lei de Boyle, como **lei de Townely-Power-Boyle**).

Em 1662, após realizar novas experiências, Boyle reeditou seu *New Experiments* e, no apêndice do mesmo, examinou a **hipótese funicular** de seus críticos aristotélicos. Aliás, nesse apêndice, Boyle formalizou sua famosa lei (na linguagem atual): - “Para uma massa de um gás, a temperatura constante, o produto da pressão (P) pelo volume (V) é constante: $PV = \text{constante}$ ”.

Em 1663, Florin e Guillaume Desprez publicaram os livros: *Traité de l'Équilibre des Liquers* (*Tratado do Equilíbrio dos Líquidos*) e *Traité de la Pesanteur de la Masse de l'Air* (*Tratado do Peso da Massa do Ar*), nos quais estão descritos os trabalhos realizados por Pascal, entre 1649 e 1654, sobre o equilíbrio dos líquidos e o **vácuo torricelliano**.

Em 1665, a *Royal Society* começou a publicar as Atas de suas reuniões, com o nome de *Philosophical Transactions*.

Em 1665, a idéia de adotar um ponto fixo (zero) nos termômetros, foi proposta, independentemente, por Boyle, por Hooke, e pelo físico e astrônomo holandês Christiaan Huygens (1629-1695). Boyle sugeriu o ponto de fusão do óleo de anis; Hooke, o ponto de fusão do gelo; e Huygens, ou o ponto de fusão do gelo ou o ponto de ebulição da água. Nesse mesmo ano, Boyle sugeriu

que o calor era uma forma de movimento.

Em 1668, parece ser de Hooke a observação de que as temperaturas de fusão e de ebulição dos corpos são sempre constantes.

Em 1669, o matemático francês jesuíta Honoré Fabri (Honoratus Fabrius) (1607-1688) concebeu a idéia de adotar dois pontos fixos numa escala termométrica. Para o seu ponto mais baixo, escolheu a temperatura de fusão do gelo; e para o ponto mais alto, admitiu ser “a temperatura mais alta do verão”.

Em 1669, o químico alemão Johann Joachim Becher (1635-1682) em seu livro *Subterranean Physics (Física Subterrânea)* apresentou a idéia de que a combustão era devida à **terra pinguis (terra gordurosa ou combustível)**, uma das três **terras** (as outras duas eram a **terra lapida (vitrificável)**, o equivalente ao **sal de Paracelso**, e a **terra mercurialis (mercurial)**) em que, em sua concepção, se classificam os sólidos. Portanto, para Becher, quando uma substância queimava, era liberada a **terra combustível**.

Em 1672, Guericke reuniu suas experiências sobre o vácuo e as publicou no livro *Ottonis de Guericke Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*.

Em 1672, Hubin construiu, em Paris, o primeiro **termômetro de ar**, que não sofria influência da pressão atmosférica, uma vez que era constituído de um tubo selado, cheio de ar, adaptado à extremidade aberta de um **tubo torricelliano** em forma de **U**.

Em 1676, no artigo intitulado *Discours de la Nature de l'Air (Discurso sobre a Natureza do Ar)* o físico francês Edmé Mariotte (1620-1684) descreveu uma experiência muito semelhante à de Boyle. Com efeito, usando um aparelho também bastante semelhante ao do cientista inglês, percebeu que o ar se expandia na medida que a temperatura se elevava, e se contraía quando ela baixava. Observou, por fim, que o produto da pressão pelo volume do ar se mantinha constante quando a temperatura não variava. Aliás, nesse artigo, Mariotte deu o nome de **barômetro** ao **tubo torricelliano**.

Em 1679, Mariotte publicou seu *Discours* no **Journal des Sçavants de Paris**.

Em 1686, o astrônomo inglês Edmund Halley (1656-1724) demonstrou a lei logarítmica da atmosfera terrestre.

Em 1690, o filósofo inglês John Locke (1632-1704) concluiu que o sentido do tato pode levar a uma interpretação falsa sobre a temperatura dos corpos, ao sugerir a seguinte experiência. Suponha que uma pessoa mergulhe uma de suas mãos em água quente e a outra em água fria. Em seguida, suponha que ela coloque ambas as mãos em um recipiente com água morna. Então, esta água lhe parecerá mais fria para a primeira mão e mais quente para a segunda.

Em 1699, o físico francês Guillaume Amontons (1663-1705) construiu um termoscópio a ar, do tipo usado por Galileu, com a diferença de que o ar era comprimido com mercúrio ao invés de água, como acontecia no tipo galileano. Com esse instrumento rudimentar, mostrou que a água sempre fervia na mesma temperatura.

Idade Renascentista: Eletricidade e Magnetismo; Partículas

Séculos 16 e 17

O matemático italiano Girolano Cardano (1501-1576) foi um dos primeiros cientistas a fazer diferença entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

Em 1543, o astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543) falou de átomos em seu famoso livro *De Revolutionibus Orbium (Das Revoluções dos Corpos Celestes)*.

Em 1544, o alemão Georg Hartmann (1489-1564) mediu a **inclinação magnética** (ângulo que a agulha magnética faz com o plano horizontal) de Roma, encontrando o valor de 6° . (Esse resultado ficou inédito até 1831.)

Em 1558, o físico italiano Giambattista della Porta (1535-1615) em seu livro *Magiae Naturalis* apresentou uma visão poética sobre a relação entre a magnetita e o ferro, ao escrever que: - “... o ferro é atraído pela magnetita como uma noiva para o quarto nupcial, para ser abraçada; e o ferro fica tão desejoso de se unir à magnetita como seu esposo, e é tão solícito de encontrá-la: quando é impedido pelo seu peso, ainda assim se levantará, como se estendesse as mãos a implorar pela magnetita... e mostrar que não está contente com a

sua condição: mas se de súbito ele alcança a magnetita, como se o seu desejo fosse satisfeito, ele então repousa...” Apesar desse lirismo, Porta derrubou uma superstição entre os marinheiros de sua época, de que os mesmos não podiam comer cebola ou alho quando fossem trabalhar com a bússola, sob pena de destruir seus poderes de orientação. Ele simplesmente untou algumas bússolas com suco de cebola e alho, constatando que as mesmas não foram afetadas.

Em 1580-1581, o fabricante de instrumentos, o inglês Robert Norman publicou o livro *The Neue Attractive (Uma Nova Atraente)* que continha não somente “um pequeno discurso sobre o ímã ou magnetita”, mas também um “novo segredo descoberto” sobre seu comportamento, o fenômeno conhecido como **inclinação magnética** (ângulo que a agulha magnética faz com o plano horizontal), a qual difere de um lugar para outro. Ainda nesse livro, Norman discutiu a **declinação magnética** (ângulo entre os meridianos magnético e terrestre num dado local), cuja descoberta é atribuída aos navegadores do final do século 15 e começo do século 16. Por exemplo, o navegador italiano Cristovão Colombo (1451-1506) observou o desvio da agulha magnética ao atravessar o Oceano Atlântico, em 1492. (Registre-se que Norman foi um antigo marinheiro.)

Em 1599, o matemático flamengo Simon Stevinus (1548-1620) publicou seus cálculos sobre a declinação magnética de 43 pontos localizados na Terra.

Em 1600, o médico inglês William Gilbert (1544-1603) publicou seu famoso tratado *De Magnete*. Nos seis livros que compõem esse tratado, reuniu suas observações experimentais sobre os fenômenos elétricos e magnéticos. Nessas observações, mostrou que esses dois fenômenos eram diferentes, ao examinar o comportamento do âmbar, quando atritado, e do ferro quando se aproxima de um ímã. Observou, também, que o cristal de rocha e uma grande variedade de pedras preciosas, apresentavam o mesmo comportamento do âmbar, isto é, atraíam corpos leves quando atritados. Como em grego **elektron** significa âmbar, Gilbert denominou de **elétricos**, os corpos que se comportam como o âmbar; às substâncias que não conseguira “eletrizar” (como, por exemplo, os metais), denominou-as de **não-elétricas**. Ao estudar a eletrização dos corpos por fricção, Gilbert achava que tal eletrização decorria da

remoção de um fluido, ou **humour** (substância etérea e imaterial) desses mesmos corpos, deixando um **effluvium elétrico**, ou atmosfera, em seus redores. Em suas observações dos fenômenos magnéticos, Gilbert percebeu que os ímãs também apresentavam um **effluvium magnético** em seus redores, e mais ainda, que os raios dessa “virtude” (elétrica ou magnética) partiam do centro dos corpos e em todas as direções, agindo sobre os corpos vizinhos e os atraindo. (Em vista disso, Gilbert é considerado como o precursor do conceito de “campo” (elétrico e magnético)). Animado com essa idéia, chegou a apresentar a tese de que a força de atração entre o Sol e os planetas era de origem magnética. Suas observações com ímãs, levaram-no a importantes descobertas. Com efeito, investigando as forças entre ímãs, observou que num ímã uniforme, a força magnética era proporcional à sua “quantidade de matéria” (massa). (Em vista disso, alguns historiadores da Ciência consideram Gilbert como o primeiro a reconhecer a distinção entre peso e massa.) Além do mais, Gilbert descobriu que o ímã perdia suas propriedades quando aquecido até o vermelho rubro, readquirindo-as quando se esfriava. Por outro lado, após realizar uma série de experiências com um ímã esférico - a sua **Mini-Terra (terrella)** -, especialmente construído para observar o comportamento de uma agulha magnética em presença dessa esfera, concluiu que a Terra se comportava como uma imensa esfera magnética. Dessas experiências, observou que quando a agulha magnética era suspensa nas proximidades de sua **Mini-Terra**, ela mergulhava em sua direção. Observou, também, esse médico da Rainha da Inglaterra, que a agulha magnética aponta sempre na direção dos pólos magnéticos terrestres, quase coincidentes com os pólos geográficos, e que neles, a agulha toma a direção vertical. Gilbert fez, ainda, observações sobre a declinação e inclinações magnéticas. (É oportuno registrar que apesar de todas as observações de Gilbert sobre o magnetismo, ele acreditava que a magnetita tinha uma alma, sendo esta uma pequena parte da “alma da Terra”.)

Em 1623, Galileu publicou o livro *Il Saggiatore (O Ensaíador)*, no qual afirmou que os átomos ígneos (do calor) eram menos rápidos e, portanto, menos penetrantes do que os átomos luminosos (da luz).

Em 1631, o astrônomo e matemático inglês Henry Gellibrand (1597-1636) descobriu que o campo magnético terrestre variava com o tempo, ao observar que tanto a **declinação magnética** (ângulo entre os meridianos magnético e terrestre de um determinado local), quanto a **inclinação magnética** sofriam lentas modificações com o passar do tempo.

Em 1644, o filósofo e matemático francês René Descartes (1596-1650) em seu livro *Principia Philosophiae* (*Princípios Filosóficos*) descartou a tese de que a magnetita possuía uma alma, já que explicou os fenômenos magnéticos por intermédio de sua teoria dos vórtices. Com efeito, adepto da idéia de que a realidade do mundo material residia em dois atributos: extensão e movimento, Descartes imaginou que os fenômenos magnéticos da Terra e dos pequenos ímãs se deviam a pequenas partículas fibradas e fluidas que circulavam pela Terra em delgados dutos, entrando através dos poros em dos um dos pólos terrestre e saindo pelo outro. Como admitia, também, haver dois tipos dessas partículas, considerou que uma delas penetrava pelo pólo norte e o outro, pelo pólo sul. A viagem de retorno dessas partículas, obviamente, se dava pelo ar. Contudo, se nesse retorno encontrassem uma substância magnética dotada de dutos, elas “prefeririam” passar por ela e ali permaneciam, entrando e saindo, formando vórtices. Descartes supunha, também, que a ação entre as partículas fibradas e o ferro se devia às resistências proporcionadas pelos movimentos dos átomos de ferro.

Em 1647, o filósofo e matemático francês Pierre Gas-

sendi (1592-1655) parece haver sido o primeiro a afirmar que o átomo era uma parte real, porém invisível e indivisível da matéria, ao fazer a distinção entre **átomo** e **molécula**, uma vez que para ele em cada corpo os átomos se reuniam em pequenos grupos, aos quais denominou **moléculas**, que é o diminutivo da palavra latina **moles**, que significa massa ou quantidade de matéria.

Em 1661, Boyle publicou seu célebre livro **The Sceptical Chymist** (**O Químico Cético**) no qual apresentou sua idéia de que os corpos eram constituídos por **elementos** que, para ele eram assim definidos: - “... que entendo por elementos são certos corpos primitivos e simples, perfeitamente sem mistura, os quais não sendo formados de quaisquer certos corpos, nem uns dos outros, são os ingredientes dos quais todos os corpos perfeitamente misturados são feitos, e nos quais podem finalmente ser analisados...” (É oportuno ressaltar que Boyle e seu assistente Hooke, explicavam as substâncias materiais, por intermédio do atomismo.)

Em 1663, ao tomar conhecimento das experiências de Gilbert, Guericke inventou o primeiro **gerador eletrostático** constituído de uma esfera de enxofre manipulada por uma manivela. Tal esfera eletrizava-se quando sua rotação era freada com as mãos. Parece haver sido também de Guericke, a primeira observação sobre a repulsão elétrica entre corpos eletrizados.

Em 1672, Guericke descobriu o fenômeno da **eletroluminescência** ao perceber que a superfície da esfera de enxofre de seu gerador, reluzia quando se carregava de eletricidade.