

# O NASCIMENTO DA CIÊNCIA MODERNA

6  
aula

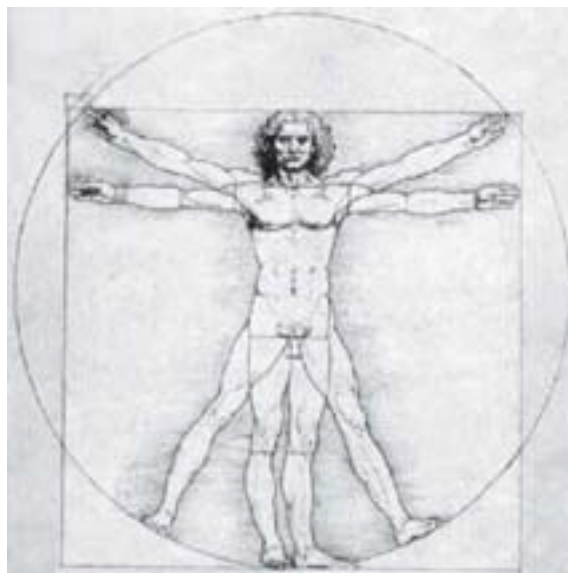
## META

Mostrar em que contexto histórico ocorreu o início da ciência moderna e como pensavam os cientistas daquela época.

## OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

identificar como a dissociação entre a religião e a ciência contribuiu para a evolução do conhecimento científico no renascimento;  
reconhecer a evolução histórica e contextualizar as grandes contribuições científicas ocorridas no renascimento;  
descrever as grandes contribuições de cientistas, como Galileu e Newton;  
identificar pensamentos racionais; e  
definir a razão do surgimento das sociedades científicas.



*O homem vitruviano*, de Da Vinci. (Foto: <http://www.chazit.com>).

## PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá conversar com algumas pessoas sobre os métodos que são utilizados para comprovar as teorias da criação do mundo colocada na Bíblia. Tentar contrariá-los, mostrando outros pontos de vista. O aluno deverá sentir a dificuldade no debate. Imaginar como isso poderia ser perigoso na Idade Média.

**N**a aula passada, foi mostrado como o descaso com o conhecimento e a ausência de um desenvolvimento científico pode contribuir na degradação, de até mesmo, de um grande império. Mas na aula de hoje, você verá que esta mesma ciência

## INTRODUÇÃO

pode devolver o esplendor a uma sociedade pobre e decadente. Isso começa com um período efervescente para a Europa: o Renascimento, fase de renovação que lançou as bases da ciência moderna.

Iremos discutir como ocorreu a ruptura da ciência com a religião e também, a separação da ciência e da filosofia.

### Astrolábio

Instrumento naval antigo, usado para medir a altura dos astros acima do horizonte para determinar a latitude e a longitude.

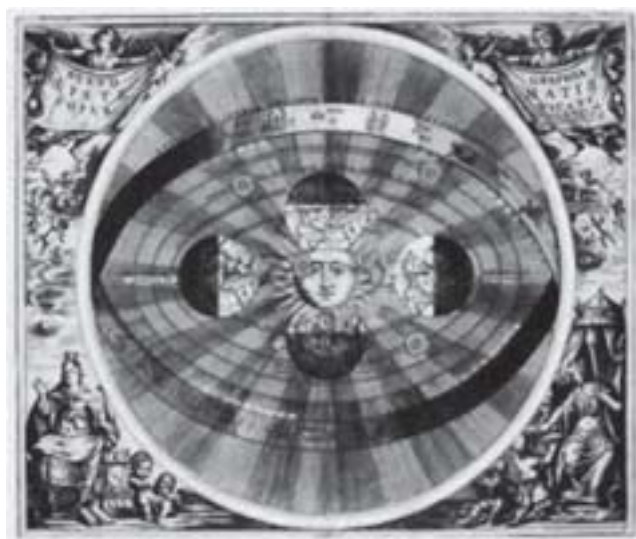


Ilustração representando o heliocentrismo (Fonte: <http://www.wisphysics.es>).

Com o controle da epidemia da Peste Negra e o final dos conflitos da Guerra dos Cem Anos, a população alcança melhores condições no séc. XV. É nesse período que surgem as grandes navegações. Diversos setores da sociedade Ibérica estavam interessados nos benefícios propiciados por elas, com os mais variados motivos políticos, econômicos e religiosos, como por exemplo, a busca de metais preciosos, o intenso comércio de produtos orientais e a idéia de propagar a fé cristã por todas as regiões do mundo. Contribuíram também, para as conquistas marítimas, os avanços efetuados na técnica de navegação em alto-mar e o aprofundamento dos conhecimentos científicos. Muitos equipamentos já eram utilizados por outros povos e foram aperfeiçoados e adaptados pelos portugueses à navegação marítima. Dentre eles estavam a bússola e o **astrolábio**, além da caravela.

Este também foi um período de interesse crescente entre os acadêmicos europeus pelos textos clássicos, que juntamente com o florescimento do comércio e da vida urbana, cria um ambiente próprio para a renovação cultural. A apreciação dos valores humanísticos juntamente com a independência política e a expansão capitalista gera a contestação das velhas tradições medievais, e culminaram no movimento artístico e científico denominado Renascimento. Com ele, no séc. XV, a mentalidade medieval europeia, contemplativa e submissa à Igreja, dá lugar à mentalidade moderna, com a volta da racionalidade para o entendimento do mundo. O homem descobre que é capaz de decidir por si, sente-se livre e coloca-se na posição de centro do Universo, buscando objetividade nas suas experiências.

O aparecimento de cartas marítimas, que redefiniam o conhecimento geográfico da época e estimularam o início de grandes navegações, mostravam que o homem

## O RENASCIMENTO



(Fonte: [www.dezenovevinte.net](http://www.dezenovevinte.net)).



(Fonte: <http://www.kboing.com.br>).



(Fonte: [www.escolanautica.com.br](http://www.escolanautica.com.br))

ainda tinha muito a descobrir. A difusão do pensamento renascentista é feita de forma rápida, com a divulgação das novas idéias e descobertas pelas navegações e pela imprensa, recentemente inventada por *Johannes Gutenberg*, tornou as cópias dos livros muito mais rápidas do que com o trabalho feito pelos copistas. Esse pensamento deu origem à Reforma Protestante que questionava a autoridade da Igreja, desafiando seus domínios e permitiu a ruptura entre a ciência e a religião. Assim, a ciência no século XV ganha um grande impulso para o seu desenvolvimento e para a sua prática.

Ao contrário do homem medieval, que via em Deus a razão de todas as coisas, os renascentistas acreditavam no poder humano de julgar, de criar e construir. Isto propicia o desenvolvimento do racionalismo, isto é, a explicação do mundo por verdades estabelecidas pela razão, não mais pela fé, e permite que seja desenvolvido o espírito de observação experimental com a mente mais aberta ao livre exame do universo, para descobrir as leis que regem os fenômenos naturais. Por isso, a Renascença também é conhecida como a época do Humanismo e se caracteriza por enormes progressos nas artes, nas leis e nas ciências.

*Leonardo da Vinci* (1452 – 1519) atuou em amplo espectro de atividades: foi pintor, escultor, arquiteto, engenheiro, músico e cientista, buscando integração entre arte e ciência, e se tornou a figura símbolo desse período. Como cientista, Leonardo estudou alguns fenômenos físicos envolvendo capilaridade, resistência do ar, plano inclinado, dinamômetro, placas vibratórias. Embora não tenha enunciado novos princípios físicos, desenvolveu um sem-número de engenhos de toda sorte, alguns como projetos de engenharia de máquinas militares, bombas d'água, veículos diversos, terrestres, aéreos, submarinos etc. Por atuar em tantos campos com enorme desen-



Leonardo Da Vinci (Fonte: <http://www.museutec.org.br>).

voltura, Leonardo da Vinci é considerado por vários o maior gênio da história

O magnetismo, que foi um dos poucos campos que avançou durante a Idade Média, com os trabalhos de Petrus Peregrinus no séc XIII, anda a passos ainda mais largos com *William Gilbert* (1544 - 1603). Físico e médico inglês, Gilbert deu o nome “pólos” às extremidades do ímã. Foi ele também, o primeiro a usar os termos: força elétrica e atração elétrica. Até 1600, pensava-se que as bússolas apontavam para o norte devido à estrela polar. Foi Gilbert quem concluiu que a Terra era magnética e esse era o motivo pelo qual as bússolas apontavam para o norte. Em seu trabalho *De magnete, magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure* (*Sobre o Magnetismo, Corpos magnéticos e o Grande Ímã Terra*) Gilbert descreve diversas experiências realizadas com seu modelo de terra chamado *terrella*, no qual demonstra que o “pólo norte” (que apontava para o norte) era capaz de atrair o pólo sul de um outro ímã.

O nome *magnetismo* remonta à Grécia antiga: magnésia é uma região da Macedônia rica em magnetita.

Como médico, Gilbert tinha forte influência da medicina de *Galeno* (c.100 d.C. - c. 200 d.C.), que postulava a existência de quatro fluidos ou *humores* corpo, associados aos quatro elementos: *fleumático* (água), *sanguíneo* (ar), *colérico* (fogo), *melancólico* (terra). Para Galeno, as doenças dos seres vivos derivariam de um desequilíbrio entre os fluidos. Gilbert, então, postulou a existência de outros fluidos responsáveis pelos fenômenos magnéticos. Tais fluidos, em movimento, foram precursores dos campos e explicam a repulsão de pólos iguais e a atração de pólos opostos. Em seu livro, Gilbert também estuda a eletricidade estática usando âmbar (Você sabia que foi ele quem decidiu chamar isso de eletricidade, pois o âmbar, em grego, é chamado de *elektron* ou *eletru* em latim?). Gilbert tentou explicar os fenômenos eletrostáticos com o uso de fluidos elétricos. Mais tarde, Coulomb postularia a existência de dois tipos de fluidos elétricos: o “*vítreo*” (excesso de cargas positivas) e o “*resino-*

so” (excesso de cargas negativas). Gilbert propôs ainda que forças magnéticas atrativas guiarão o movimento dos planetas ao redor do Sol ao longo de suas órbitas, segundo o modelo copernicano. A atração gravitacional dos corpos próximos à superfície da Terra seria um efeito mediado por um fluido, associado ao ar atmosférico.

**Segundo Aristóteles, os céus eram divinamente perfeitos, e os corpos celestes só podiam se mover segundo a mais perfeita das formas: o círculo.**

A idéia de um fluido imponderável seria posteriormente refinada e aplicada ao calor.

A mecânica celeste conheceu na Idade Média um período de relativa estagnação. Apesar da dificuldade de compreender e explicar o movimento observado dos planetas, do ponto de vista geocêntrico (a Terra no centro do Universo), predominava durante toda a Idade Média o sistema de Ptolomeu, o qual defendia que a Terra era um centro imóvel onde, ao seu redor, giravam o Sol, as estrelas e os planetas.

Mas em 1510, em seu livro *Commentariolus*, o astrônomo e matemático polonês *Nicolau Copérnico* (1473 – 1543) apresenta um primeiro esboço de sua teoria sobre heliocentrismo, que colocou o Sol como o centro do Sistema Solar. Essa é considerada uma das mais importantes hipóteses científicas de todos os tempos, tendo constituído o ponto de partida da astronomia moderna.



De Revolutionibus, publicado em Nuremberg, em 1543 (Fonte: <http://br.geocities.com>).

Copérnico identificou algumas incorreções na teoria geocêntrica e abriu caminho para a grande revolução astronômica do século XVI. Com sua teoria, a Terra (e o homem) não estava mais situada num lugar adequado, como a imagem de Deus no centro de todas as coisas. Isso teria profundas repercussões na visão do homem sobre si mesmo e sobre seu lugar na criação.

Copérnico identificou algumas incorreções na teoria geocêntrica e abriu caminho para a grande revolução astronômica do século XVI. Com sua teoria, a Terra (e o homem) não estava mais situada num lugar adequado, como a imagem de Deus no centro de todas as coisas. Isso teria profundas repercussões na visão do homem sobre si mesmo e sobre seu lugar na criação.

**“Acreditar é mais fácil do que pensar. Daí existem muito mais crentes do que pensadores.”**  
**Bruce Calvert**

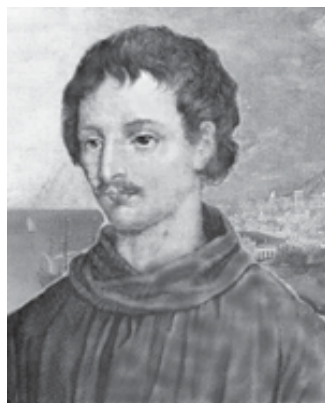


Copérnico conseguiu evitar o confronto com a Inquisição, pois seu livro *Revoluções dos orbes celestes*, de 1543, foi publicado somente após sua morte, em que ele descreve toda essa sua teoria. Através de vários cálculos, demonstra a existência das rotações da Terra em 24 h (em volta de si) e em 365 dias (em volta do Sol). Apesar de ter mostrado que o Sol fica no centro do sistema, ele ainda achava que, como Aristóteles, a órbita da Terra era uma circunferência perfeita.

*Tycho Brahe* (1546 - 1601), astrônomo dinamarquês, continuou o trabalho iniciado por Copérnico e corrigiu seus dados com suas observações astronômicas. Mesmo precedendo à invenção do telescópio, suas observações da posição das estrelas e dos planetas alcançaram uma precisão sem paralelo para a época. Porém, Tycho era contrário ao sistema de Copérnico e por isso, propôs um sistema em que os planetas giram à volta do Sol, e o Sol orbita em torno da Terra. Com base nessas observações e em seus próprios cálculos, seu discípulo, o astrônomo e astrólogo *Johannes Kepler* (1571 - 1630) foi mais além: concluiu que nesse movimento a distância da Terra e do Sol é variável, e assim mostrou que os planetas não se moviam em órbitas circulares, mas sim elípticas, formulando as três leis do movimento planetário, conhecidas como Leis de Kepler. Esse “pequeno detalhe”, difícil de ser observado a partir da Terra, deu a Newton uma pista para formular a teoria da gravitação universal, 50 anos mais tarde. Kepler procurou estabelecer novos limites à astrologia, decorrentes da teoria de Copérnico e do novo *status* da Terra como mais um planeta, semelhante aos demais. Procurou demonstrar que a meteorologia não dependia dos aspectos astrológicos entre os astros, e sim de causas vindas da própria Terra. Veja que o interessante da obra de Kepler é justamente ele ter transitado da superstição para a ciência. Quando as observações físicas se chocaram com o dogma, Kepler optou pelos fatos científicos, abandonando a superstição!

Embora a crença em Deus permanecesse no mundo começava a deixar de ser “sagrado” para tornar-se um objeto de uso para

o próprio homem. O trabalho intelectual, neste período, torna-se mais intenso e individualizado e a religiosidade uma decisão íntima. Efetivamente, o filósofo *Francis Bacon* (1561 – 1626) não realizou nenhum grande progresso nas ciências naturais, mas foi ele quem primeiro esboçou uma metodologia racional para a atividade científica. Bacon destacou-se com uma obra em que a ciência era exaltada como benéfica para o homem: o conhecimento científico tem por finalidade servir o homem e dar-lhe poder sobre a natureza. O objetivo do *método baconiano* foi constituir uma nova maneira de estudar os fenômenos naturais. Para Bacon, a descoberta de fatos verdadeiros depende



Giordano Bruno (Fonte: <http://www.renaissanceastrology.com>).

da observação e da experimentação regulada pelo raciocínio indutivo, e é com Bacon que ela ganha amplitude e eficácia.

Mais radical, *Giordano Bruno* (1550-1600), fortemente influenciado pelo texto *Corpus Hermeticum*, propunha uma profunda reforma filosófica e religiosa que, levada às últimas conseqüências, destronaria a Igreja de sua hegemonia com relação ao conhecimento. Sua cosmologia propunha um universo infinito com “inumeráveis sóis semelhantes ao nosso”. Seus argumentos são mais filosóficos e teológicos do que astronômicos. Bruno foi perseguido pela Igreja durante toda a sua vida, acusado de negar a divindade de Cristo e realizar práticas mágicas diabólicas. Condenado pela Inquisição, ele foi queimado vivo. Na época não havia uma posição oficial da Igreja Católica acerca do heliocentrismo. Historiadores defendem que, por ter misturado o heliocentrismo com sua mitologia considerada herética, Bruno foi, em parte, responsável por fazer a Igreja passar a ver as idéias heliocêntricas com desconfiança, e ele pode ter contribuí-



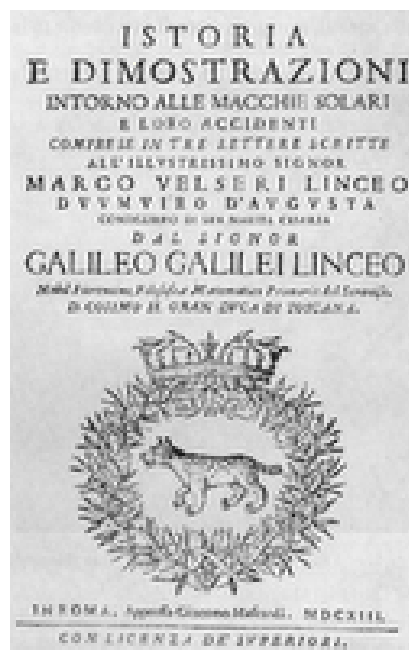
do para iniciar a controvérsia da Igreja Católica com Galileu Galilei.

A Teoria Heliocêntrica passou a ser rejeitada pela Igreja, porém o atomismo grego foi conciliado com o cristianismo pelo abade francês *Pierre Gaessendi* (1592-1655). Para ele a ordem divina do mundo estaria presente na própria criação de suas partículas, os átomos, mas apenas a providência divina poderia juntar as partículas de modo ordenado, dando origem às várias formas de vida. Com seus argumentos, os átomos não assumiriam a forma de animais se não fosse pela constante influência de Deus. Embora não tenha feito contribuições novas ao atomismo, ele o tornou menos desagradável para as autoridades eclesiásticas.

## GALILEU GALILEI

A história de Galileu é um exemplo célebre de como a violação à liberdade de opinião pode ser altamente prejudicial ao desenvolvimento das ciências. O italiano *Galileu Galilei* (1564-1642), que era professor de matemática, criticava Aristóteles dizendo que “A tradição e a autoridade dos antigos sábios não são fontes de conhecimento científico” e que a única maneira de compreender a natureza é experimentando. Seu pai, um músico, tinha um autêntico espírito de experimentador, e estabeleceu de maneira empírica leis relativas à corda vibrante. Seguindo o estilo **pragmático** do pai, Galileu já havia descoberto, em 1593, que o período do pêndulo independe da amplitude.

Considera-se que a física moderna foi fundada por ele, em 1589, ao demonstrar a lei que determina a queda dos corpos. Na época, se pensava que os objetos mais pesados caíam mais rápi-



(Fonte: <http://www.lincci-celebrazioni.it>).

**Pragmático**

Realista, objetivo.

dos, regra da teoria Aristotélica. Galileu, no famoso experimento na Torre de Pisa, provou que mesmo que fossem leves ou pesados, todos os corpos levavam precisamente o mesmo tempo para chegar ao chão. Em 1590, Galileu reuniu no livro *De Motu* seus experimentos sobre a queda livre. Já em 1604, descreveu as leis da queda livre dos corpos como um movimento uniformemente acelerado, independente de suas densidades.

Galileu também aperfeiçoou o telescópio (que já era conhecido, embora em versões rudimentares) e com ele realizou observações astronômicas, descritas em sua obra *Sidereus Nuncius (Mensageiro das Estrelas)*, de 1610). Com o telescópio, viu manchas solares, montanhas na Lua e a forma de Saturno, com seus anéis. Suas descobertas

introduziam imperfeições nestes astros, o que contrariava a idéia aristotélica da perfeição geométrica dos corpos celestes, que era dogma da Igreja. Ainda publicou outros 2 trabalhos criando mais polêmica com a igreja,; em 1612 o *Discurso sobre as coisas*

*que estão sobre a água*, e em 1614 a *História e demonstração sobre as manchas solares*, em que concorda abertamente com a teoria heliocêntrica de Copérnico. Por isso, enfrentou duras críticas por retirar dos céus a perfeição bíblica. Como consequência, em 1616, Galileu é advertido pelo Santo Ofício a não mais pregar a teoria heliocêntrica.

Galileu se abstém temporariamente das teses copernicanas, porém escreve em 1623 o livro *Il sagiatore (O ensaísta)*, no qual aparece uma teoria sobre a luz e a matéria de natureza corpuscular, que se tornariam posteriormente objeto de acusações contra ele. Em 1632, ele escreve mais uma obra de fácil acesso e leitura, em que novamente demonstra que a Terra é móvel, que atuam as mesmas leis naturais na Terra como nos céus, e defende o sistema de heliocêntrico. Pronto, isso pareceu um desafio às autoridades da Igreja! Galileu tornou-se inimigo da Fé pela Santa Inquisição, e foi obrigado a negar sob juramento suas teorias, sob risco de ser

**“O livro da Natureza está escrito em caracteres matemáticos ...sem um conhecimento dos mesmos os homens não poderão compreendê-lo”.**

***Galileu Galilei***

queimado como herege. Para se salvar, Galileu renega suas teorias e passa, então, a viver em prisão domiciliar até sua morte.

Mas Galileu, mesmo sob ameaça da Igreja, continuou escrevendo secretamente e lançou em 1638, clandestinamente na Holanda, o *Discurso e demonstrações matemáticas em torno de duas novas ciências, pertencendo à mecânica e aos movimentos locais*. Neste livro ele descreve os primeiros conceitos sobre a resistência dos materiais, faz considerações sobre a estrutura da matéria e sistematiza alguns célebres problemas de cinemática: movimento uniforme, movimento acelerado e movimento de projéteis. O livro inclui também novas observações sobre pêndulo e oscilações: o isocronismo do pêndulo, a relação entre comprimento e frequência e a ressonância entre cordas vibrantes idênticas. Nos últimos dois anos de sua vida, já cego, ditou aos seus discípulos Evangelista Torricelli (1608 - 1647), que se tornaria o inventor do barômetro, e Vincenzo Viviani (1622 - 1703), suas últimas idéias sobre a teoria do impacto. Foram estes dois matemáticos italianos que fundaram em 1657 a *Accademia del Cimento*, uma das primeiras instituições científicas do mundo ocidental.

Foi Galileu quem introduziu um procedimento fundamental para o cientista: a necessidade de testar, com experiências concretas, as formulações teóricas. Além disso, o genial italiano mostrou, com sua prática, que o cientista precisa criar situações favoráveis de observação, eliminando fatores que interfiram ou prejudiquem a análise do fenômeno a ser estudado.

Além de privilegiar a observação para o entendimento de um fenômeno natural, Galileu introduziu a incorporação da linguagem matemática à ciência moderna. Sua abordagem matemática foi de fato tão eficaz que se tornaria a marca registrada da nova Física que se desenvolveria nos séculos XVII e XVIII. Com ela, Galileu transformou o conhecimento num saber ativo, isto é, que não se limita a contemplar a natureza, mas consegue até transformá-la através da



Evangelista Torricelli (Fonte: [www.biografiasyvidas.com](http://www.biografiasyvidas.com)).

técnica. Por outro lado, no contexto moderno, ao contrário do que ocorreu até a Idade Média, o conhecimento passa a ser fragmentado em ciências particulares, produzindo uma visão parcial e especializada do mundo.

## A ECLOSÃO DA CIÊNCIA MODERNA

**“Penso, logo existo”.**

***René Descartes***

As transformações ocorridas a partir do Renascimento e o início da ciência moderna levaram a um grande questionamento sobre os critérios e métodos para aquisição do “conhecimento verdadeiro”. Há agora duas vertentes na filosofia: o racionalismo e o empirismo.

Os filósofos empiristas (do grego *empeiria* – experiência) defendem que todas as idéias humanas são provenientes dos nossos 5 sentidos, o que significa que têm origem na experiência. Para os empiristas, é a experiência que imprime as idéias no intelecto humano.

Contraopondo-se às teses dos empiristas, os racionalistas atribuem grande valor à matemática como instrumento de compreensão da realidade. A mente humana é, no racionalismo, o único instrumento capaz de chegar à verdade. O filósofo e matemático francês René Descartes (1596 -1650) é um dos grandes pensadores racionalistas.

Descartes concluiu que a história de um povo e sua tradição cultural influenciam a forma como as pessoas pensam e aquilo em que acreditam. Ele atuava em muitos campos do conhecimento, tais como Filosofia, Medicina, Matemática. Mas por sua atuação na filosofia, Descartes é considerado o primeiro filósofo “moderno”. Ele recomendava: “nunca devemos nos deixar persuadir senão pela evidência da razão”, pois, como consideravam os racionalistas, a experiência sensorial é uma fonte de erros e confusões na complexa realidade do mundo. O método cartesiano institui a dúvida: só se pode dizer que existe aquilo que possa ser provado. Para ele o raciocínio matemático é baseado, principalmente, na lógica dedutiva, em que nós partimos de

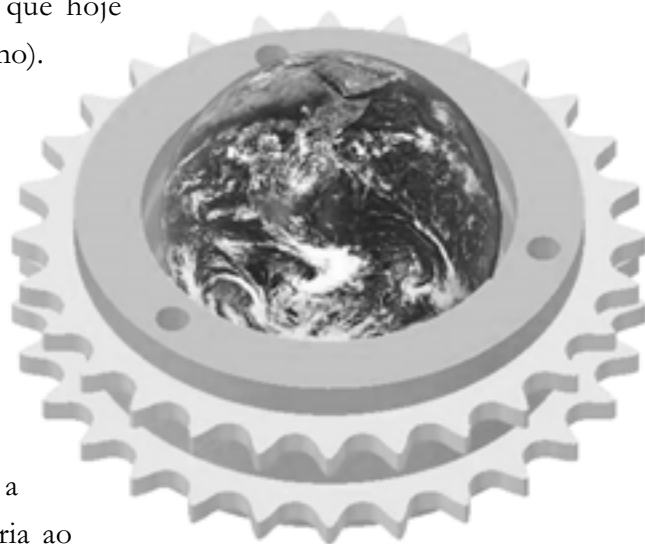
uma verdade para encontrarmos outras verdades, ou seja, que uma verdade é consequência da outra.

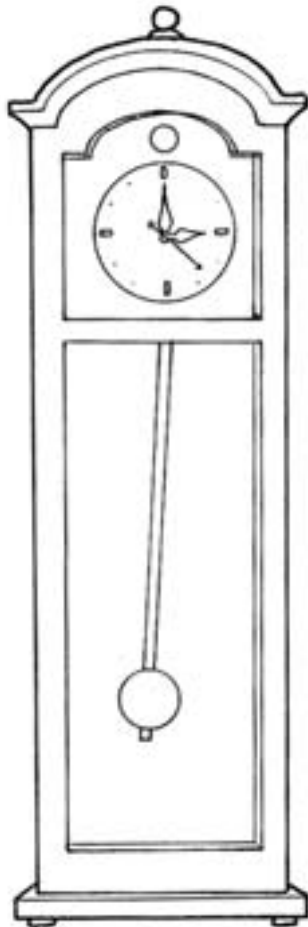
Sua maior contribuição na Matemática foi a fusão da Álgebra com a Geometria, mostrando como traduzir problemas de Geometria para a Álgebra, abordando esses problemas através de um sistema de coordenadas. Fato que gerou a Geometria Analítica e um sistema de coordenadas que hoje leva o seu nome (o sistema cartesiano).

Por esses feitos ele teve um papel-chave na Revolução Científica influenciando o desenvolvimento do cálculo moderno.

Para Descartes existiriam três tipos de substância: “*terra* (cinzas), *ar sutil* (fumaça) e *fogo*”. Líquidos e gases seriam “*terra*” com diferentes graus de rarefação. Desenvolveu a idéia de Gilbert, de que um ímã teria ao redor de si um fluxo de uma matéria sutil formando um vórtice. Isso explicaria a atração de pólos opostos e a repulsão de pólos idênticos e a atração do ferro e do aço. O sistema de fluidos do magnetismo também foi utilizado por ele para explicar a dinâmica do sistema solar. O sistema solar, para Descartes, seria um vasto vórtice de matéria rarefeita arrastando os planetas. Além do vórtice do sistema solar, haveria outros contíguos preenchendo todo o espaço do universo. Em um turbilhão de fluido, as regiões mais centrais possuiriam maior velocidade angular. Isso de fato ocorre com os planetas mais próximos do Sol.

Descartes estudou ainda a colisão de dois corpos, tendo conjecturado a conservação da quantidade de movimento, ainda que no movimento em linha reta, enunciando as leis de movimento em seu tratado *Princípios de Filosofia* (1644). Descartes tem uma visão mecanicista do mundo; nela o universo todo está em movimento. Sua descrição se resume a entender as interações bási-





(Fonte: <http://www.midisegni.it>).

cas dos componentes do universo e formular matematicamente as leis que regem esses constituintes. René Descartes imprimiu à mecânica um novo fundamento filosófico - o mecanicismo - que serviu de alicerce para os desenvolvimentos subsequentes deste campo da Física.

Um turbilhão de novas descobertas está ocorrendo nesta época. O holandês Willebrord Snel (1580—1626) descobre a lei da refração da luz. No mesmo ano, o francês Blaise Pascal (1623-1662) estuda a pressão criada pelo peso da água e dos gases e formula o chamado Princípio de Pascal, que é usado até hoje nos projetos de prensas hidráulicas. Em 1654, Pascal prova a existência da pressão atmosférica e, juntamente com o francês Pierre de Fermat (1601 -1665), formula a teoria das probabilidades, que Christiaan Huygens (1629 - 1695) amplia em 1657. Huygens que era um matemático, astrônomo e físico holandês, foi, ao lado de Galileu e Newton, outra figura importante no desenvolvimento da mecânica.

Entre suas contribuições estão o papel e as características da força centrífuga, o estudo dos chamados pêndulos físicos (o movimento oscilatório de corpos rígidos) e a compreensão da causa do isocronismo do pêndulo, que permitiu a construção de um instrumento para medir o tempo com precisão: o relógio de pêndulo. Ele também deu importantes contribuições sobre as leis que regem o fenômeno das colisões e já tinha conhecimento da Lei da Inércia. Com um telescópio mais poderoso que o de Galileu, Huygens foi capaz de identificar os anéis de Saturno com clareza, e descobrir Titã, a maior lua de Saturno e a segunda maior do sistema solar, em 1665.

Huygens também se dedicou ao estudo da luz e cores. Desenvolveu uma teoria baseada na concepção de que a luz seria um pulso não periódico propagado pelo éter. Através dela, explicou satisfatoriamente fenômenos como a propagação retilínea da luz, a refração e a reflexão. Seus estudos podem ser conferidos em seu mais conhecido trabalho sobre o assunto, o *Tratado*



*sobre a luz*. Contemporâneo de Newton, discutiu com ele durante muitos anos por não concordar, sobre vários aspectos, com sua teoria sobre luz e cores, baseada implicitamente numa concepção corpuscular para a luz.

Em 1657, o inglês Robert Hooke (1635-1701) comprova a Lei de Galileu de que todos os corpos caem com a mesma velocidade, soltando uma pena e uma moeda de metal de certa altura dentro de uma bomba de ar para criar vácuo dentro de um cilindro de vidro vertical. Em 1662, o irlandês Robert Boyle (1635-1701) demonstra que o ar pode ser comprimido injetando mercúrio líquido em um tubo lacrado cheio de ar. Com a entrada do mercúrio, sobra um espaço menor para o ar, que é espremido em um volume menor. Boyle, em seguida, dobra o peso do mercúrio injetado. Com isso, o volume de ar fica duas vezes menor. Essa relação entre peso e volume é conhecida como a Lei de Boyle.

Outro contemporâneo de Newton, o alemão Gottfried Wilhelm Von Leibniz (1646 - 1716), filósofo, cientista, matemático, diplomata e bibliotecário, admitia uma série de *causas eficientes* a determinar o agir humano dentro da cadeia causal do mundo natural. Foi ele que, em 1671, propôs a existência do éter. Demonstrou genialidade nos campos da lei, Religião, Política, História, Literatura, Lógica, Metafísica e Filosofia. Mas, principalmente, encontrava-se séculos à frente de sua época, no que concerne à Matemática e à Lógica.

A criação do termo “função” (1694) é atribuída a Leibniz, que o utilizou para descrever uma quantidade relacionada a uma curva. Em 1666 escreveu *De arte combinatoria*, no qual formulou um modelo que é o precursor teórico da computação moderna. Em 1676, Leibniz já tinha desenvolvido algumas fórmulas elementares do cálculo e tinha descoberto o teorema fundamental do cálculo, que só foi publicado em 1677, onze anos depois da descoberta não publicada de Newton. Devemos a Leibniz nossa notação para diferenciais e derivadas, assim como o símbolo de integral, que é um “S” (de soma) graficamente deformado, além da notação de diferenciais. Leibniz organizou a Academia de Ci-

ências de Berlim, que permaneceu como uma das principais do mundo até que os nazistas a eliminaram.

$$\int_0^1 x dx = \frac{x^2}{2} \Big|_0^1 = \frac{1}{2}$$

## ISAAC NEWTON

No seu último livro, Galileu, que morreu no ano do nascimento de Isaac Newton (1642 - 1727), escreveu

“o futuro nos conduzirá a uma obra mais ampla e melhor e da qual nosso trabalho é apenas o começo; espíritos mais aprofundados do que o meu explorarão os rincões mais ocultos.”

**“Mesmo um contato breve com os escritos alquímicos de Newton nos permite perceber quão arbitrárias e fluidas são as fronteiras entre Magia e Ciência neste período. Newton, o último dos magos e primeiro dos físicos, possuía afinidades profundas com ambas”.**

*Hugo Franco*

Pode-se dizer, como veremos, que Newton, o principal arquiteto da Mecânica Clássica, implementou a tarefa profetizada por Galileu. Newton foi profundamente influen-

ciado pela visão mecanicista do mundo, criada por Descartes.

Você já utilizou muito as idéias e Leis desenvolvidas por Newton em seus estudos da Física no Ensino Médio. Mas ele fez muito mais do que você provavelmente sabe.

Com 18 anos, ingressou na universidade de Cambridge, onde estudou Matemática e Filosofia. Em 1666, a região de Cambridge é atingida pela peste pneumônica e Newton refugia-se na propriedade de sua família, no campo. Esse período de isolamento foi extremamente proveitoso. Segundo um relato seu, teria então desenvolvido o teorema binomial, o cálculo diferencial e integral, teoremas sobre séries infinitas, teria calculado a área da hipérbole, e concebido as idéias da Gravitação



(Fonte: [www.criativarpg.blogspot.com](http://www.criativarpg.blogspot.com)).

Universal e de fundamentos da mecânica, entre outros temas. Não bastasse isso, ainda enunciou uma teoria da luz e das cores, que já foi citada nesta aula. Em 1668, depois de idealizar as leis de reflexão e refração de luz, construiu o primeiro telescópio reflexivo.

Por trás de fenômenos aparentemente banais construiu a base de teorias revolucionárias. Conhece a história da queda da maçã? Newton é mesmo famoso por ela! Newton confirmou a hipótese de que a força de atração exercida pela Terra para fazer a maçã cair era a mesma que fazia a Lua “cair” para a Terra, e assim a colocava em órbita elíptica em torno de nosso planeta. Essa teoria forneceu a base para a solução do problema dos planetas!

Em seu famoso livro *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* (Princípios matemáticos da Filosofia Natural), de 1686, ele descreve as leis da gravidade e dos movimentos. Com a Gravitação Universal, Newton expôs os fundamentos das leis mais importantes do movimento dos corpos, com o que lançou as bases da mecânica científica, levando os conceitos esboçados por Leonardo da Vinci e desenvolvidos por Galileu, completando também os descobrimentos de Kepler. Portanto, a lei da gravitação explicava e unia num só sistema harmonioso toda a complexidade da mecânica celeste. Algumas de suas leis ou definições de Newton já estavam, em parte, compreendidas nos trabalhos de Galileu, Descartes e Huygens, porém, mérito de Newton, essa foi a primeira grande síntese da história da Física. Ele construiu uma formulação teórica de leis e definições bem estruturada, que contemplava todos os aspectos do movimento então conhecidos. Assim, ele criou a possibilidade de novas investigações em diversos campos.

Newton, como já dissemos, foi também o criador, junto com Leibniz, do Cálculo Moderno, um sistema matemático para resolver problemas de Física que antes não tinham solução. As idéias de Newton sobre óptica foram publicadas em 1707 no *Opticks*. Em sua abordagem essencialmente experimental, propõe uma ótica, que era ao mesmo tempo corpuscular e

**“Se fui capaz de ver mais longe, é porque me apoiei nos ombros de gigantes.”**

**Isaac Newton**

ondulatória, que seria reescrita séculos mais tarde pela mecânica quântica. Numa seção desse livro intitulada de *questões (queries)*, aparecem também diversas especulações a propósito da estrutura da matéria e do calor. Newton tinha também uma intensa atividade como *alquimista*, faceta redescoberta apenas na década de 1930. Se a mecânica Newtoniana pode ser imediatamente identificada com a contemporânea, sua alquimia guarda traços fortes do *animismo* da natureza que costumamos associar à magia. O mundo, por exemplo, é visto por ele como um grande ser vivo.

Os fundamentos lançados por Newton guiaram os estudos da física pelos 200 anos seguintes, e a partir deles ocorreram importantes inovações científicas e técnicas. Ao longo dos séculos XVIII e XIX, o progresso material derivado dessas inovações foi notável.

### AS SOCIEDADES CIENTÍFICAS

Toda vez que um cientista termina um trabalho de pesquisa, ou descobre alguma coisa nova, ele tem que divulgar seus resultados e conclusões para o restante da comunidade científica. É assim que a ciência internacional funciona hoje. Isso começou há muito tempo! Historicamente vem da Grécia Clássica, com a invenção pelos grandes filósofos da Academia. Em reuniões e congressos, o cientista entra em contato direto com seus pares e submete seus resultados, idéias e especulações aos colegas de respeito. Isso é tremendamente importante para que ele tenha certeza se o que está propondo e anunciando é correto e aceitável.

O nascimento das grandes academias de ciência coincidiu com um desenvolvimento extraordinário das ciências naturais e com a contemporaneidade das mais extraordinárias e influentes figuras científicas de todos os tempos. As primeiras academias resumiam-se a encontros informais, em princípio regulares, na casa de um nobre ou mecenas, onde um grupo de eruditos debatia temas que iam da poesia à matemática, passando pela astrologia/astronomia, filosofia e medicina. A *Academia* tornou-se (ela própria) parte do método cien-

tífico. Uma teoria científica, para se afirmar, necessitava ser comunicada a um conjunto de sábios que a podiam criticar livremente.

As primeiras foram italianas (a Itália tinha o poder, na época, que os Estados Unidos tem hoje). Estes grupos evoluíram para sociedades, mais ou menos organizadas, das quais a primeira foi a *Accademia dei Lincei*, fundada em Roma em 1603. Galileu foi membro desta academia e nela divulgou suas descobertas astronômicas. Em 1657, a grande rival de Roma, Florença, também fundou a sua *Accademia del Cimento*. Essas sociedades satisfaziam os caprichos dos seus patronos, dos quais dependiam economicamente, sem possuírem uma estrutura coerente de pesquisa científica.

Nos *Ensaio das experiências naturais* da *Accademia del Cimento*, publicados em 1667, destacam-se as mais variadas experiências nas áreas da pneumática, som, magnetismo, movimento, etc. realizadas com os instrumentos da academia. O papel da Itália como centro da “nova ciência” terminou com a extinção da *Accademia del Cimento*, infelizmente 10 anos depois de sua funda-

ção, com uma postura, por parte da Igreja, mais dura e repressiva de novas idéias que contrariassem os escritos de Aristóteles e Ptolomeu.

Desde 1645 um grupo de cientistas, na altura designados “filósofos naturais”, se reunia em Londres, com alguma regularidade, para discutir novas idéias e comunicar resultados obtidos individualmente. A Inglaterra herdou o legado italiano, ao criar então a Royal Society em 1662. Foi fundada por decreto real a dois anos depois, na França, a *Académie Royal des Sciences*, que depois passou a se chamar *Académie des Sciences*. Participaram no início de sua fundação cientistas como Newton, Descartes e Pascal. Ambas existem até hoje e continuam sendo as mais importantes em seus países. São instituições destinadas à promoção das ciências. Seu



Accademia Nazionale Dei Lincei (Fonte: <http://www.internetculturale.it>).

lema afirma a vontade de estabelecer a verdade no domínio das disciplinas científicas baseando-se somente na experiência, e jamais na autoridade de um indivíduo. Ser eleito como membro de uma dessas academias representa uma das honrarias máximas na vida de qualquer cientista.

Antes das academias, os resultados e idéias principais eram publicados na forma de livros, que tinham pouca circulação e nenhuma periodicidade e eram lidos por poucas pessoas. O debate era realizado basicamente na forma de cartas entre colegas, levadas por mensageiros. Uma forma de despertar o interesse e o apoio do público ao trabalho realizado nas sociedades científicas foi então a publicação periódica dos conteúdos das reuniões. O primeiro exemplo deste tipo de publicações surgiu na França em 1665, com o nome de “*Journal des Savants*”, mas durou apenas três meses.

**Criado o período científico. Até hoje usamos o mesmo método para divulgar a ciência.**

Estimulado pelo exemplo francês, o secretário da Royal Society, Henry Oldenburg, pôs em circulação em Londres as “*Philosophical Transactions*”. Sua primeira edição foi publicada em março de 1665. Na cartadedicatória, Oldenburg exalta o potencial da ciência (bem como dos cientistas) e se propõe a disseminar “encorajamentos, investigações, direções e padrões que deverão animar audiências universais”. As “*Actas Filosóficas*” ganharam grande notoriedade, sendo muito procuradas no estrangeiro. Foram traduzidas para



*Anais da Academia Brasileira de Ciência*, publicação periódica da ABC (Fonte: <http://antonioanicetomonteiro.blogspot.com/>).



Com o surgimento da Renascença, verificamos a mudança de atitude do homem em relação à Ciência, que começa a deixar o **ascetismo** característico da Idade Média, passando a reconhecer a importância do homem e a sua relação com o mundo natural. Além da visão que o homem tinha de si mesmo, mudou também o modo pelo qual ele encararia sua ciência. Não coloca mais a autoridade acima da observação e testa cada nova hipótese contra as experiências, já adquiridas.

Dentro deste contexto histórico, essa Revolução Científica gerou uma moderna concepção científica, principalmente pela inserção da necessidade de se testar as teorias, feitas por Galileu. Esse fato afetou todos os campos da ciência, inclusive mudaram as técnicas de investigação, os objetivos que o cientista estabelecia para si próprio.

Grandes cientistas surgiram nesse momento, sendo Newton o físico mais importante. Sua Lei da gravitação universal explicava e unia num só sistema toda a complexidade da mecânica celeste, possibilitando uma evolução gigantesca nas investigações científicas que o procederam. Devido a efervescência científica do momento foi necessário a criação das sociedades científicas, para discussão, análise e divulgação das investigações realizadas, indicando um novo papel que a Ciência desempenharia frente à filosofia e a própria sociedade.

## CONCLUSÃO

### Ascetismo

Moral religiosa que despreza o corpo e suas sensações.

## RESUMO



Com o movimento denominado Renascimento, nos séculos XV e XVI, surge a contestação das velhas tradições e o rompimento da ciência com a religião. A mentalidade medieval européia dá lugar à mentalidade moderna, com a volta da racionalidade para o entendimento do mundo. O personagem principal desse período foi Leonardo da Vinci, com destaque para vários outros grandes cientistas surgidos nessa época: William Gilbert, Nicolau Copérnico, Tycho Brahe, Johannes Kepler, Giordano Bruno, Francis Bacon.

Mas é com Galileu Galilei que se dá a transição para a Ciência Moderna, com traços claros de um novo método científico baseado na experimentação. O Método Científico baseado na experimentação se consolida. Ocorre a ruptura da ciência com a religião (não significa que uma não influencie a outra !!!). A modernidade então se instaura nas ciências a partir de uma leitura do universo sustentada em critérios da Física, da Matemática e da Geometria.

Surgem duas vertentes na filosofia: o racionalismo e o empirismo. Para os empiristas todas as idéias humanas são provenientes dos nossos 5 sentidos. Já os racionalistas atribuem grande valor à Matemática como instrumento de compreensão da realidade. O maior filósofo racionalista é René Descartes (1596 -1650), que também fez grande contribuição na Matemática com a fusão da álgebra com a geometria, criando a geometria analítica e um sistema cartesiano.

Foi Descartes também que imprimiu - o mecanicismo, que serviu de alicerce para os desenvolvimentos subseqüentes à mecânica clássica.

Seguem uma grande quantidade de descobertas importantes como: a lei da refração da luz por Snel, a formulação do Princípio de Pascal, formulação da teoria das probabilidades por Pascal e Fermat. Huygens estuda a força centrífuga e os pêndulos físicos, que permitiu a construção do relógio de pêndulo. Huygens também estuda a propagação, a refração e a reflexão da luz. Robert Hooke comprova a Lei de Galileu com um cilindro a vácuo, Robert Boyle demonstra a relação conhecida como a Lei de Boyle e Leibniz escreve o teorema fundamental do cálculo que foi desenvolvido simultaneamente por Newton.

Newton, por trás de fenômenos aparentemente banais, construiu a base de teorias revolucionárias. Foi ele quem desenvol-

veu o teorema binomial, o cálculo diferencial e integral, teoremas sobre séries infinitas, calculou a área da hipérbole e concebeu as Leis da Gravitação Universal e de fundamentos da mecânica, entre outros temas. Também enunciou uma teoria corpuscular da luz. Newton também tinha uma intensa atividade como alquimista.

Com o desenvolvimento extraordinário das ciências naturais surge a necessidade da discussão, análise e divulgação das investigações realizadas pelos pesquisadores. Assim, nascem as grandes Academias de Ciência, que perduram até hoje, e com elas os periódicos científicos, que se tornaram o meio de divulgação dos trabalhos realizados pelos cientistas.

## ATIVIDADES



1. Qual era a visão dos pensadores e cientistas durante a Idade Média e o que mudou com o Renascimento?

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Durante a Idade Média, o conhecimento humano era voltado para fundamentar, legitimar e difundir as verdades contidas nas Sagradas Escrituras e, portanto, distanciava-se do pensamento racional. Qualquer outro tipo de ciência era condenado como herege.

Alguns pensadores renascentistas começaram a introduzir a idéia de que o mundo de Deus e o mundo dos homens são diferentes, portanto, os meios de conhecimento de cada um deles deviam ser também diferentes. O mundo terreno deveria ser explicado pela experiência dos sentidos. Com o renascimento foi derrubada a concepção medieval de mundo, mesmo mantendo a idéia de que o criador de todas as coisas foi Deus, o homem renascentista mudou a maneira de pensar sobre as criações. Passou-se para uma ordem menos vinculado ao caráter divino ou sagrado e mais derivada da razão. Iniciou-se a separação entre a fé e a ciência.

2. Qual foi a mudança mais radical ocorrida nas ciências devido a Galileu?

## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Galileu introduziu a necessidade de testar, com experiências concretas, as formulações teóricas. Isso alterou de forma radical toda a ciência, pois a partir dele a “verdade” passa a ser buscada através de provas (testes) científicas.

3. Se Newton se baseou em trabalhos anteriores como os de Leonardo da Vinci, Galileu, Kepler, qual foi sua grande inovação científica?

## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Newton, baseado em outros trabalhos, conseguiu fazer com eles a primeira grande síntese da história da Física. Sua lei da gravitação explicava e unia num só sistema toda a complexidade da mecânica celeste, com uma formulação teórica de leis e definições bem estruturada, que contemplava todos os aspectos do movimento até então conhecidos. Com isso, Newton gerou novas possibilidades de investigações em diversos campos.

4. Defina se as frases indicam um pensamento: ou racional (R) ou não-racional (N)

- a) ( ) *Não me sinto obrigado a acreditar que o mesmo Deus que nos dotou de sentidos, razão e intelecto, pretenda que não os utilizemos.*
- b) ( ) *O amor é o estado em que melhor as pessoas vêem as coisas como realmente são.*
- c) ( ) *Muitas vezes as coisas que me pareceram verdadeiras quando comecei a concebê-las tornaram-se falsas quando quis colocá-las sobre o papel.*

- d) ( ) *Religião é uma coisa excelente para manter as pessoas comuns quietas.*
- e) ( ) *Quando você quer alguma coisa, todo o Universo conspira para que você realize o seu desejo.*

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

- a) (R) Essa é uma frase de Galileu Galilei. Ela fala que a busca do conhecimento deve ser feita pela razão, afinal somos dotados de sentidos, razão e intelecto para serem utilizados, de forma que exalta o pensamento racional.
- b) (N) Essa é uma frase de Aristóteles. Observe que ele acha que somos influenciados pelo amor em nossa visão do mundo, que é claramente não racional.
- c) (R) Essa é uma frase de René Descartes. Nela Descartes faz um comentário acerca de alguns pensamentos que pareciam verdadeiros, quando se tenta prová-los tornam-se falsos, demonstrando como deveria proceder um racionalista: provar suas hipóteses.
- d) (R) Essa é uma frase de Napoleão Bonaparte. Ela mostra como os políticos se valem da religiosidade das pessoas para manipulá-las. Essa também é uma visão dos racionalistas sobre a religião.
- e) (N) Essa é uma frase de Paulo Coelho. Nela o escritor comenta que sua “fé” no seu desejo é auxiliada pelo “Universo”, que pode ser tomado como um “Deus”. Esse é claramente uma forma não racional de pensamento, visto que essa afirmação não pode ser provada.

5. Faça uma lista com 3 razões para a criação das sociedades científicas.

## COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Há diversas razões para que esse tipo de congregação exista.

Dentre eles podemos citar:

1. Fazer contato direto entre cientistas
2. Divulgar os resultados científicos
3. Fazer uma análise dos resultados científicos por diversos pesquisadores
4. Promover as ciências.
5. Estabelecer a verdade no domínio das disciplinas científicas.

## PRÓXIMA AULA



Em nossa próxima aula, estudaremos sobre um período de trabalho intelectual muito intenso, denotando um grau crescente de especialização com técnicas mais elaboradas. Além disso, veremos que o conhecimento terá um aspecto mais público.



## REFERÊNCIAS

FIOLHAIS, C; LEONARDO, A. J. **Breve história das academias científicas**. Disponível em <<http://dererummundi.blogspot.com/2007/07/breve-histria-das-academias-cientficas.html>>.

FRANCO, H. **Curso de evolução dos conceitos da Física do IFUSP**. Disponível em <<http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d>> Acesso em 01/11/2007.

MACEDO, C. A. **Apostila do Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.

NATÉRCIA, F. Royal Society disponibiliza seu acervo na internet. **Cienc. Cult.** v. 59, n. 1. São Paulo. Jan./Mar. 2007.

**Portal de ensino de Física da USP**. Disponível em <<http://efisica.if.usp.br>>. Acesso em 10/12/2007.

PRIMON, A. L. M. et al. História da ciência: da Idade Média à atualidade. **Psicólogo InFormação**, p. 35-51, 4, 2000.

VALERIO, M. E. G.; **Notas de aula Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.

<http://hpdemat.vilabol.uol.com.br/biografias.htm>.

<http://scientia.artenumérica.org>.

[http://www.ucb.br/prg/comsocial/cceh/textos\\_conhecimento\\_debate.htm](http://www.ucb.br/prg/comsocial/cceh/textos_conhecimento_debate.htm).