

## A CIÊNCIA DO ILUMINISMO

### META

Mostrar como a ciência moderna, gerada nos séculos XVII e XVIII, alterou radicalmente o pensamento até então vigente e mudou o modo de vida da população.

### OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

definir evolução histórica e contextualizar algumas das grandes contribuições científicas ocorridas nos séculos XVII, XVIII e XIX;

reconhecer que é fundamental conhecer as teorias do passado para poder evoluir no presente;

compreender porque alguns cientistas afirmam que a ciência está limitada pela mente humana;

reconhecer as diversas áreas científicas criadas a partir da filosofia natural; e

identificar como a ciência se tornou mais popular com o Iluminismo, influenciando as artes e a política, além de si própria.

### PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá ter em mãos, um CD qualquer.



Frontispício da Enciclopédia (1772), desenhado por Charles-Nicolas Cochin e gravado por Bonaventure-Louis Prévost (Fonte: <http://www.arikah.net>).

### INTRODUÇÃO

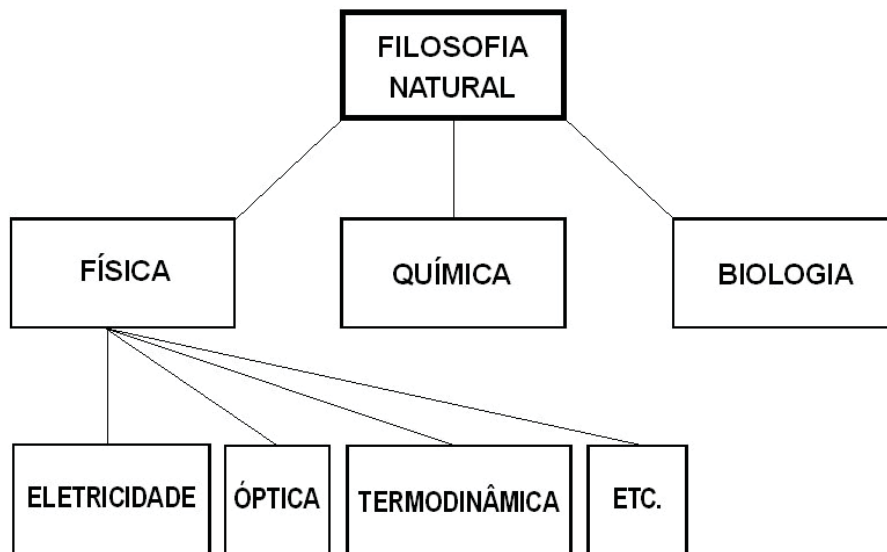
Olá, caro aluno, tudo bem? Vamos continuar a entender como se deu a evolução do conhecimento científico?

Hoje, ficaremos sabendo um pouco do que ocorreu no período “pós-Newton”. Você se lembra da aula anterior, que as profundas transformações iniciadas ainda na Idade Média atingiram o seu ápice em 1687, quando Newton publicou o seu famoso livro conhecido como Principia? Pois é, Newton resumiu nele suas descobertas e apresentou as três leis que se tornaram, daí para frente, os mandamentos da Física. Essas idéias de Newton abriram caminho para um desenvolvimento científico sem igual.

Também falamos sobre as sociedades científicas surgidas em meados do século XVII. Bem, sabe-se que em suas publicações iniciais o modo de fazer a ciência era artesanal, bastante artesanal. Os trabalhos eram, em geral, de um único autor, com periodicidade bastante irregular, e os relatos tinham tom pessoal. Não havia separação entre amadores e profissionais. A escala da atividade científica era pequena, as oportunidades de emprego eram raras. Uma descoberta ou invenção muitas vezes nem se dava de forma intencional.

Pois então, após esse princípio artesanal, veremos hoje que a atividade de pesquisa científica se profissionalizou no século XVIII e XIX e passou a integrar, como capital, o sistema de produção, conquistando espaço crescente nas universidades, indústrias e governos. A pesquisa se mostrou de grande utilidade para diversos setores industriais, o que abriu os olhos da classe capitalista. Em especial, as empresas gigantes que surgiam, frutos da concentração de capital, tiveram a percepção da importância da pesquisa como meio de estimular ainda mais a acumulação de capital. Houve, assim, com investimentos desses empresários, um grande salto científico, com descobertas em novas áreas.

Você notará que o espírito de excitação e exploração levou a novas investigações teóricas e experimentais, e essas mudaram opiniões vigentes em um sem número de assuntos. Devido a essa multiplicidade de informações houve uma necessidade de subdivisão das áreas do conhecimento, induzindo a uma maior especialização dos cientistas. Assim, com o passar do tempo, a filosofia, que abrangia as mais diversas áreas do conhecimento, foi dando lugar aos diversos ramos da ciência, que designamos hoje por: matemática, física, química, biologia etc. Mas também veremos que essa nova ciência foi baseada na evolução das idéias já existentes, e que, portanto, é fundamental conhecer as teorias do passado para poder evoluir no presente!



## REVOLUÇÕES

O Primeiro vamos nos focalizar no período histórico de que estamos tratando. Estamos na Idade Moderna, período da

História do Ocidente marcado pela “revolução social”, cuja base consiste na “substituição do modo de produção feudal pelo modo de produção capitalista”.

Lembra-se de suas aulas de história? A monarquia absolutista era um tipo de governo muito comum na Europa ocidental entre o século XVII e meados do Século XIX. Nela o Monarca ou Rei exercia o poder absoluto com apoio do Clero. Pois então, diversos filósofos buscavam justificar esse poder absoluto dos monarcas, como Nicolau Maquiavel e Thomas Hobbes, alegando que esse modelo de estado seria a forma de escapar da guerra de todos contra todos, que aconteceria caso não houvesse um rei para centralizar o poder.

Mas é claro que outros filósofos tinham pensamento contrário, e assim, na segunda metade do século XVIII, surgiu o movimento Iluminista. Este movimento iniciado na França defendia o domínio da razão sobre a visão teocêntrica que dominava a Europa desde a Idade Média. Segundo os filósofos iluministas, esta forma de pensamento tinha o propósito de “iluminar as trevas” em que se encontrava a sociedade. Os iluministas acreditavam que a razão e a ciência seriam as formas de explicação para todas as coisas no universo, em contraposição à Fé.



Capa de Leviatã, de Thomas Hobbes. (Fonte: <http://www.adventistas.com>).

Como a Inglaterra havia afastado a influência religiosa definitivamente do poder político em 1688, é lá que os iluministas irão encontrar maior liberdade de expressão para o desenvolvimento de suas idéias. Segundo o inglês John Locke (1632-1704), o Homem adquire conhecimento com o passar do tempo através da experiência empírica.

Jean le Rond d'Alembert (1717-1783) junto com Denis Diderot (1713-1784), dois grandes iluministas, organizaram uma enciclopédia que reunia o conhecimento e o pensamento filosófico da época. Suas pesquisas em Física relacionaram-se à mecânica racional, o princípio fundamental da dinâmica, o problema dos três corpos, cordas vibrantes e hidrodinâmica. D'Alembert, dentre outras coisas, estudou as equações diferenciais e definiu a noção de limite, que você usará bastante em Física. Além de d'Alembert, esse período contou com diversos outros grandes filósofos que deram enorme contribuição às bases matemáticas da Física, tais como Euler, Bernoulli, Lagrange, Laplace.

Houve uma disseminação da ciência aplicada entre a população da Inglaterra dentro dos mais diversos segmentos sociais durante o século

**Olha só: será que a UAB também não terá esse papel no Brasil?**

XVIII, devido às idéias iluministas e também através da atuação de Professores Itinerantes de Filosofia Mecânica e Experimental Newto-



niana, que viajavam pelo país. A ciência ficou mais popular levando uma poderosa base intelectual à população e assim mudou conceitos. Isso possibilitou, em meados desse século, a Revolução Industrial.

Se você não se lembra, essa revolução consistiu em um conjunto de mudanças tecnológicas com profundo impacto no processo produtivo em nível econômico e social. Um dos pontos fundamentais para o sucesso da Revolução Industrial foi a construção da máquina a vapor, idealizada pelo francês Denis Papin (1647-1712) e aperfeiçoada pelo inglês James Watt, em 1790.



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

A máquina a vapor é um equipamento que explora a pressão do vapor de água sobre um êmbolo para produzir pressão e sucção. Muito rapidamente essa máquina começou a ser empregada para o bombeamento de água de minas e para o acionamento de máquinas em moinhos de farinha, fiações e tecelagens e na fabricação de papel.

Fora da Europa o Iluminismo também teve forte influência, como na Guerra da Independência dos Estados Unidos da América (1776) contra o domínio inglês. O sucesso da independência dos Estados Unidos influenciou a Revolução Francesa (1789) e as subsequentes revoluções na Europa e América do Sul, como a Inconfidência Mineira (1789), no Brasil.

A Revolução Francesa, a mais marcante do período, trouxe um tempo de efervescência política que se ajustava perfeitamente a uma abertura intelectual com novas possibilidades, e portanto novas descobertas científicas.



Representação de Tiradentes. (Fonte: <http://www.sejus.df.gov.br>).

### SISTEMA MÉTRICO

O Sistema Métrico Decimal é, talvez, a mais valiosa herança científica que a Revolução Francesa nos deixou. Imagine a confusão que seria se cada supermercado utilizasse uma forma diferente de medir o peso de seus produtos a venda? Mas era exatamente isso que ocorria naquele período. Não existia um sistema unificado de pesos e medidas. Havia mais de 800 unidades de medida e muitas delas tendo nomes iguais, mas com valores diferentes.



A liberdade guiando o povo, tela de Eugene Delacroix, 1830 (Fonte: <http://www.artchive.com>).

Em 1790 na França, um de seus deputados de sobrenome Talleyrand propôs a constituição de um sistema unificado de pesos e medidas que pusesse fim à enorme confusão nas unidades de medida. A proposta de Talleyrand foi aprovada e a Academia das Ciências foi incumbida de criar um novo e único sistema. Com isso, em 1799, foram fabricados os padrões do metro e do quilograma.

Ainda hoje, o sistema métrico criado por eles é o mais usado no mundo (e aqui no Brasil). Apesar de tornar mais fácil as operações, não foi fácil a introdução do sistema na França e também nos países que foram aderindo ao longo dos tempos, pois era diferente do que era habitualmente usado. Esse processo ainda não terminou. Por exemplo, os EUA e a Inglaterra ainda usam algumas unidades “esquisitas” como pé, milha, libra, galão, etc ...

## DA ALQUIMIA PARA A QUÍMICA

Se alguém perguntasse a você “do que as coisas são feitas?” O que você responderia? A resposta dos físicos é: tudo o que existe no mundo é feito de matéria. Tudo no mundo é matéria arranjada de modos diferentes. Tudo é composto de pedacinhos minúsculos impossíveis de ver a olho nu. É claro que se você já estudou, pode se aprofundar falando dos átomos etc. Mas na Idade Média não se sabia nada mais profundo sobre a matéria, pois ainda não haviam sido desenvolvidos vários equipamentos que ajudaram os cientistas a saber o que eles sabem hoje.

O pensamento vigente era ainda o de Aristóteles, que acreditava que tudo o que havia na Terra era feito de quatro elementos: água, fogo, terra e ar. A quantidade de cada um desses quatro elementos em combinação é que dava à matéria suas mais diferentes aparências. Mas alguns Europeus e Orientais, durante a Idade Média, começaram a entender melhor os mistérios da matéria. Esses homens deram um passo fundamental nessa história promovendo transformações através do fogo: eles ficaram conhecidos como alquimistas. Muitos deles acreditavam que, usando os poderes do fogo, seriam capazes de purificar metais e transformá-los no mais nobre de todos: o ouro.

A busca era na base de tentativa e erro, e exigia muita paciência. Na época dos primeiros alquimistas, não havia separação entre matéria e espírito. Por isso, explorar as propriedades da matéria era também explorar os mistérios do espírito. E assim, os alquimistas buscavam além da pedra filosofal, que seria a substância capaz de fazer essas transformações, o elixir da longa vida.



(Fontes: <http://ofiel.files.wordpress.com>; <http://www.inglet.com>).



Ilustração representando a alquimia, com sua associação aos elementos da natureza (Fonte: <http://www.cq.ufam.edu.br>).



Durante o século 17, pode-se perceber, através da grande quantidade de trabalhos publicados nesse período, que a perseguição clássica da transmutação foi forte. Claro que essas idéias eram um chamariz para charlatões, pois aquele que alcançasse esses objetivos ficaria rico e/ou viveria muitos anos. Mesmo assim, muitos investigadores sérios tentaram a possibilidade da transmutação alquímica, dentre eles Newton e Robert Boyle.

Boyle foi um dos primeiros investigadores que tentaram dar forma científica ao atomismo dos Antigos, opondo-se à teoria dos quatro elementos de Aristóteles. Era também fascinado pelas propriedades físicas do ar.

### Boyle traz de volta a idéia dos átomos

Estendeu suas pesquisas à hidrostática, ao som, aos fenômenos da respiração e junto de Robert Hooke construíram uma máquina pneumática para desenvolvimento de pesquisas com gases em 1659. Outra de suas descobertas importantes foi a de que a água se expandia ao se congelar. Você já sabe isso, não? Pois você nunca ouviu falar que não se deve deixar uma latinha de cerveja no congelador porque ela estoura? É, a água da cerveja ocupava um espaço menor que o gelo criado dentro da lata, e então buuuuum!

No século XVII, química e alquimia não eram claramente definidas. Os químicos pensavam em extrair e compreender os elementos e seus princípios essenciais. Tal conhecimento poderia ser muito útil, mas a Química não tinha ainda status científico, pois era considerada um ofício prático. Porém, antes do início do século XVIII, principalmente na França, surgiram sinais de que a Química começava a se diferenciar da alquimia. Experimentos

### Nasce a ciência química

com sais conduziram mudança das velhas concepções sobre a composição baseada nos elementos de Aristóteles por novas noções baseadas nas ações de ácidos e bases. A partir daí, a Química foi incorporada como uma atividade “maior” na Academia de Ciências Francesa, em 1666.

A compreensão racional sobre as interações das várias substâncias materiais foi um desafio para a Química no século XVIII. Parte da motivação foi dissociar as técnicas investigativas emergentes de experimentação tradicional associada com a alquimia. Embora a alquimia ainda estivesse presente, o Iluminismo, com sua ênfase na razão, permitiu aos químicos se diferenciar dos alquimistas.

Do que é feito o fogo e por que as coisas se queimam? É a típica pergunta que as crianças fazem e os adultos se enrolam para responder.

Na Alemanha, Georg Stahl, professor de medicina, em 1702, introduziu uma explicação da combustão baseada no phlogiston, que seria uma substância sem peso do fogo. Não era exatamente o fogo, mas era o poder motivador para as partículas de fogo. Durante o século XVIII a teoria do phlogiston continuou a ganhar adesões.



Em 1780, vários investigadores foram conduzidos a experimentos para identificar as propriedades de novos “ares” (gases) e a explorar os diferentes caminhos das substâncias químicas interagirem. Quase todos os químicos da época acreditavam que o phlogiston era um elemento contido nos corpos dos combustíveis e que abandonava esses corpos quando eles se queimavam. O inglês Joseph Priestley não era diferente, foi dele a descoberta do gás que viria a ser chamado de oxigênio e que conduziu a uma nova explicação da combustão feita pelo francês Lavoisier.

Em uma de suas experiências, Antoine Lavoisier mostrou que as coisas pegam fogo por causa do oxigênio que existe no ar. Cobrindo uma vela acesa com um copo, ele demonstrou que ela se apaga assim que o oxigênio dentro do copo é consumido pelas chamas.

Em seu trabalho, **Lavoisier** dava muita importância ao conhecimento do peso exato de cada componente de suas experiências, e isso o levou a obter conclusões que tinham passado despercebidas a seus colegas, como o erro da “teoria do phlogiston”. Lavoisier demonstrou que o enxofre e o fósforo aumentavam de peso quando entravam em combustão. Em sua explicação, ele acreditava que o fogo era um elemento sem peso que se combinava com o ar. Durante a combustão ele seria liberado enquanto o ar seria fixado no material. Essa nova explicação alegava o princípio de conservação da matéria, que reforçava a importância do peso dos reagentes antes e depois da reação química.



Antoine Lavoisier (Fonte: [www.blogs.sapo.pt](http://www.blogs.sapo.pt)).

Lavoisier acabou descobrindo algo fundamental sobre a matéria do mundo: que, essencialmente, as coisas não surgem do nada, nem se destroem para sempre. As coisas apenas mudam de forma. Você já deve ter ouvido a famosa frase dele: “Na natureza, nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”. Essa é a famosa lei da conservação de matéria!

Segundo Lavoisier, as coisas do mundo eram feitas de 33 elementos, um deles justamente o oxigênio. Em 1789, ele já tinha pesquisado o suficiente para publicar seu trabalho inovador chamado Os Elementos da Química, que acabava com a ideia dos quatro elementos. Só que, além de químico brilhante, Lavoisier era também um nobre banqueiro e coletor de impostos. Era o ano da Revolução Francesa e infelizmente para a ciência, Lavoisier foi condenado à guilhotina. Ele morreu sem responder a pergunta fundamental que foi proposta por ele mesmo: por que exatamente nada se perde e tudo se transforma?

O que poderia existir no interior da matéria, capaz de resistir até mesmo ao fogo?

### O ESTUDO DO CALOR

Parece justo considerar a Mecânica, ou seja, o estudo dos movimentos, como a parte mais antiga da Física, não é mesmo? Ela talvez seja a área da ciência com que todos se sentem mais familiarizados, dada a convivência que os humanos têm com movimentos em seu cotidiano. Um dos interessados nessa ciência foi Henry Cavendish, que comprovou parte da teoria de atração dos corpos de Newton, em 1797, quando mediu a constante gravitacional.

Assim, muitos tentavam explicar a natureza baseadas em conhecimentos sobre os movimentos. O matemático suíço Daniel Bernoulli (1700-1782) não foi diferente. Ele tentou explicar o comportamento dos gases através da mecânica, levantando a hipótese, em 1738, de que eles são compostos de uma infinidade de partículas minúsculas sempre em movimento e que sua temperatura refletia a velocidade dessas partículas. Quanto maior o calor, mais rápido é o movimento. Naquela época, os conceitos de Bernoulli foram vistos somente como especulações, e não como fatos comprovados. Hoje, sabemos que ele estava correto.

Estudando matematicamente o comportamento dos gases, James Clerk Maxwell, que é mais famoso pelos seus trabalhos em eletromagnetismo, chegou à conclusão teórica de que suas moléculas se movem em todas as direções e com todas as velocidades possíveis, chocando-se elasticamente entre si e contra os obstáculos. Mostrou que a maioria delas, porém, se movia com velocidade intermediária, ou seja, que o melhor indicador do estado de agitação interna de um gás seria a velocidade média de suas moléculas. Isso o levou, em 1859, a propor a Teoria cinética dos gases, em que demonstra como calcular a velocidade dos átomos de um gás.

Opa, parece que este estudo do movimento estava os conduzido para outra área, o estudo do calor, que nós chamamos hoje de termodinâmica! Ah, então para começar a falar sobre história da termodinâmica devemos iniciar pelas escalas térmicas.

Ok, vamos lá: uma delas foi a do físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1740), que apesar de ter feitos muitas outras descobertas, se tornou conhecido em todo o mundo pela escala termométrica batizada com seu nome. Fahrenheit criou sua escala termométrica determinando o ponto mínimo (0o F) utilizando uma mistura de água, gelo pilado, sal e amônia. Sua contribuição mais importante, porém, foi a substituição do álcool pelo mercúrio na confecção dos termômetros, como aqueles que usamos até hoje.

Já o professor de astronomia sueco Anders Celsius, também ficou bem conhecido pela sua escala de temperatura, proposta pela primeira vez em 1742. Você sabe qual é, né? Aquela que nós brasileiros usamos todo o tempo.

Aliás, a escala Celsius é usada em quase todo o mundo quotidianamente. Ela foi concebida de forma a que o ponto de congelamento da água cor-

**Teoria cinética dos gases: como calcular a velocidade dos átomos.**

respondesse ao valor zero e o ponto de evaporação correspondesse ao valor 100, observados na pressão atmosférica no nível do mar.



Mas a termodinâmica teve início realmente só em 1824. O pioneiro nesse campo foi o francês Nicolas-Leonard-Sadi Carnot (1796-1832). Carnot estava interessado nas máquinas térmicas, as quais utilizam energia na forma de calor (gás ou vapor em expansão térmica) para provocar a realização de um trabalho mecânico. Para ele, o calor das caldeiras nunca era usado integralmente para produzir força e movimentar engrenagens, pois uma parte sempre se perde. Carnot, então, idealizou uma máquina, para calcular qual seria seu rendimento. Com seus trabalhos, Carnot nos ensinou como calcular o rendimento máximo dessas máquinas, que nunca chega em 100%!

## A LUZ É UMA PARTÍCULA OU UMA ONDA?

A primeira grande evolução da óptica ocorreu durante o século XVII, quando houve um desenvolvimento significativo da sua formulação matemática, o que possibilitou a explicação dos fenômenos observados até então. Na segunda metade do século XVII, descobertas interessantes foram realizadas e novos conceitos foram introduzidos.

O fenômeno de difração foi descoberto por Francesco Maria Grimaldi (1618-1663). Mas o que é difração? Não se preocupe com detalhes, pois você vai estudar isso mais tarde. Mas saiba que a difração é um fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda. A difração ocorre, por exemplo, quando a luz não





(Fonte: <http://upload.wikimedia.org>).

passa por um CD. Veja o reflexo em um deles. O que surge? Faixas ou halos coloridos, não é mesmo? Isso é devido à difração da luz por pequenos obstáculos (os sulcos do CD).

Em seguida, Robert Hooke (1635-1703) refez os experimentos de Grimaldi sobre difração e observou padrões coloridos de interferência em filmes finos. Ele propôs que a luz originava-se de um movimento ondulatório rápido no meio, propagando-se a uma velocidade muito grande. Surgiam assim, as primeiras idéias da teoria ondulatória.

Depois de vários séculos, o éter, conceito que surgiu nos tempos antigos, tomou uma conotação propriamente científica. Ora, os cientistas já haviam constatado que se um sino tocasse no vácuo, a ausência de ar não permi-

tia que se produzisse nenhum som. Como explicar que a luz se propagava no vácuo, sem um meio material capaz de transportar suas ondas? Diante deste dilema, Christiaan Huygens recorreu à velha idéia do éter - meio no qual se propagariam as ondas luminosas. Ele desenvolveu, em 1690, 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.

Mas Newton tinha um prestígio muito grande, e por isso tinha suas idéias possuíam maior peso na avaliação das teorias científicas, e como ele introduziu a teoria corpuscular que afirmava que “a luz é composta de corpos muito pequenos, emitidos por substâncias brilhantes”, essa idéia foi predominante durante muito tempo. Mesmo assim, evidências do caráter de onda da luz vieram reforçar essa teoria. Por exemplo, Thomas Young, em 1801, mostrou que é possível combinar duas ondas (interferência) de água e produzir uma terceira, diferente das anteriores, e o mesmo pode ser feito com dois raios de luz, logo a luz também deve ser um tipo de onda! E com isso, já ao final do século XVIII, ambas as teorias (corpuscular e ondulatória) eram aceitas, porém ainda com prevalência da teoria corpuscular.

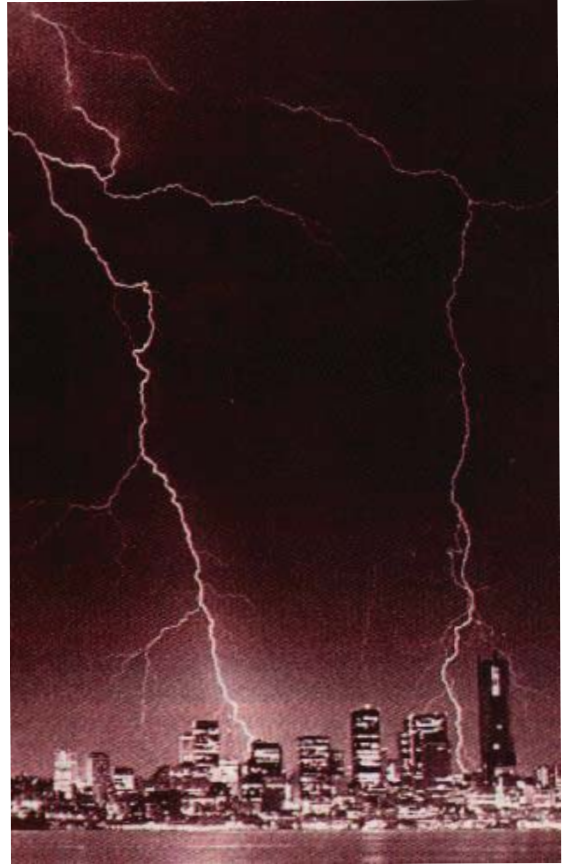
## ELETRICIDADE

Antes do século 18, os filósofos naturais estudavam o poder atrativo que âmbar exibia ao ser esfregado. Os materiais que exibiam o efeito âmbar foram chamados elétricos. Para gerar eletricidade, em quantidade significativa, foram desenvolvidas as máquinas de atrito, que geralmente realizavam a eletrificação por rotação de um isolador atritado com um ma-

terial adequado. O contato reforçado pelo atrito provoca transferência de cargas entre os materiais, que são a seguir afastados, o que aumenta a tensão elétrica entre as cargas separadas. A máquina eletrostática mais primitiva foi desenvolvida por Otto von Guericke, na atual Alemanha, por volta de 1663.

Durante o século XVIII, as máquinas elétricas evoluem até chegar a um disco rotativo de vidro que é atritado a um isolante adequado. Na primeira metade desse século, os filósofos naturais começaram a fazer avanços reais na explicação do fenômeno da eletricidade estática. A criação de novos instrumentos e técnicas tornaram possível a produção mais efetiva de resultados fascinantes que capturaram a atenção até mesmo de reis.

Na década de 1730, Stephen Gray descobriu que o efeito elétrico podia ser comunicado para corpos adjacentes. Esfregando uma rolha de cortiça em um tubo de vidro em um de seus lados, ele notou que uma pena era atraída pela cortiça. Ele espetou um bastão na rolha com uma bola de marfim na outra ponta e notou que a pena ainda era atraída pela bola de marfim. Gray descobriu também que linhas de comunicação podiam ser isoladas do solo com seda. Tais descobertas revelaram duas categorias de substâncias: elétricas (se friccionadas, tais como âmbar, vidro e seda) e condutoras (tais como madeira, linha e até mesmo o corpo humano).



(Fonte: <http://www.cptec.inpe.br>).

O excêntrico Henry Cavendish não contava com instrumentos adequados para as suas investigações, assim media a força da corrente elétrica pela dor que ela produzia nele ele mesmo! Aiiiiiii!!!

O interesse pela eletricidade se espalhou pela Alemanha no final da década de 1730. George Bose gerava faíscas e choques elétricos para produzir efeitos dramáticos que divertiam espectadores. Por exemplo, ele eletrificava a água em copos isolantes e então obtia faíscas deles. Os experimentos de Bose inspiraram outros a fazer novas descobertas. Uma descoberta importante foi o condensador (Jarra de Leyden), feita independentemente por Ewald Georg von Kleist e por Petrus van Musschenbroek, em 1745. O condensador consiste em uma máquina armazenadora de cargas elétricas. A Jarra de Leyden eram dois corpos condutores separados por um isolante delgado.

O austríaco Franz Anton Mesmer em 1766, antes mesmo de se tornar médico, defendia sua tese de que as forças planetárias afetavam o interior da matéria dos seres vivos. Mesmer chamava isso de gravidade animal. Para ele, esse fluido universal, que não era qualificado de matéria, fluía sem empecilhos quando o ser estava saudável. A doença seria resultado do bloqueio desse fluido. Apesar de sofrer muitas críticas, uma evidência de sua teoria podia ser comprovada através da influência das fases da lua sobre a saúde das pessoas.

Baseado na idéia de um fluido imponderável usada por Mesmer na medicina, o estadunidense Benjamim Franklin deu uma explicação convincente da Jarra de Leyden. Diferentemente da medicina, essa idéia foi aceita sem questionamento para explicar a eletricidade. Franklin sugeriu que a eletricidade era uma substância sem peso que adería a superfície dos corpos. A quantidade de “fluxo elétrico” aderida seria proporcional a massa do corpo. Mas o “fluxo elétrico” repelia a si próprio. Sob condições normais, o equilíbrio ocorreria entre a atração elétrica na superfície da jarra e a repulsão do fluxo. Franklin usou o fluxo elétrico para explicar as propriedades elétricas de vidros e condutores. Os condutores permitiam que o ele fluísse, enquanto que vidros armazenavam o fluxo em suas superfícies mais facilmente que outros materiais quando friccionados, e esse fluxo não poderia penetrar através do vidro.

Benjamin Franklin era um homem religioso, mas ao mesmo tempo uma figura representativa do Iluminismo. Ele planejava criar uma academia, projeto mais tarde reelaborado, que deu origem à Universidade da Pensilvânia. Já rico, em 1748, vendeu seus negócios para ter mais tempo livre para seus estudos. Em 1751, Franklin mostrou que a eletricidade podia magnetizar agulhas. Sua experiência mais famosa (e extremamente perigosa) foi a de fazer um papagaio voar durante uma trovoadas.

Para a Franklin a explicação dos raios era a mesma dada por ele para a Jarra de Leyden. No mar, as partículas de sal friccionavam com a água, causando um excesso de fluxo elétrico armazenado na superfície do mar. A evaporação da água carregava o excesso do fluxo para as nuvens. Quando as nuvens se aproximavam de nuvens de água doce, a troca ocorreria de uma para outra como um raio. Qualquer objeto que se projetasse em direção dessas nuvens, como árvores ou sua pipa, provocaria essa troca. Franklin assim concluiu que os raios são fenômenos de natureza elétrica.

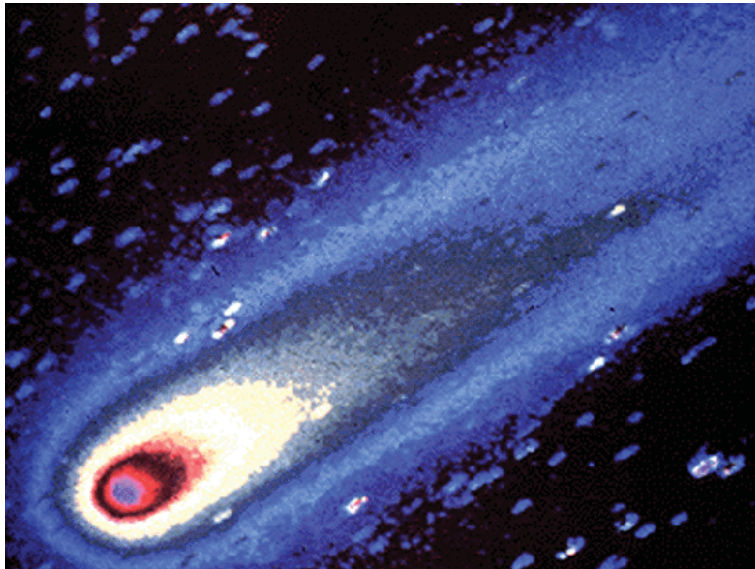
Seus resultados publicados, em 1752, propunham a existência 2 tipos de carga elétrica: a positiva e a negativa. Duas cargas de sinal contrário se atrairiam e as de mesmo sinal se repeliriam.



Por seus trabalhos Franklin é o responsável pelo estabelecimento de duas áreas de estudo importantes das ciências naturais: eletricidade e meteorologia.

## TEORIAS DA TERRA

Muitos dos problemas resolvidos por Newton eram complicados e exigiam uma habilidade matemática considerável, mas ele também tinha inventado uma nova técnica matemática, o cálculo, que o ajudou a solucionar vários problemas. Ele declarava que toda matéria era atraída por outra matéria por uma força especial, não intrínseca, que dependia do tamanho da matéria e se enfraquecia com o inverso do quadrado da distância (a Força Gravitacional). Para ele, isso explicava o movimento dos corpos celestes.



(Fonte: <http://br.geocities.com>).

Na Inglaterra Newton logo ganhou fama, mas no continente havia alguns críticos dentre os seguidores de Descartes, que havia explicado o movimento dos astros separando a realidade em dois domínios, matéria e mente. Para os cartesianos, a idéia de que matéria poderia atrair matéria era o mesmo que dizer que a matéria possuía um tipo de “força oculta”. Gottfried Leibniz também criticava a idéia da força de atração, notando a falha de Newton ao referir a um meio material (o éter) interferindo como o veículo para transmitir a força atrativa, e também sobre sua crença na intervenção divina para garantir a estabilidade do sistema.

Logo após a morte de Newton em 1727, seus trabalhos começaram a ser encontrados com mais frequência pelos educadores públicos na França. Voltaire publicou uma descrição favorável à filosofia de Newton em 1733. Ele e Madame du Châtelet publicaram uma

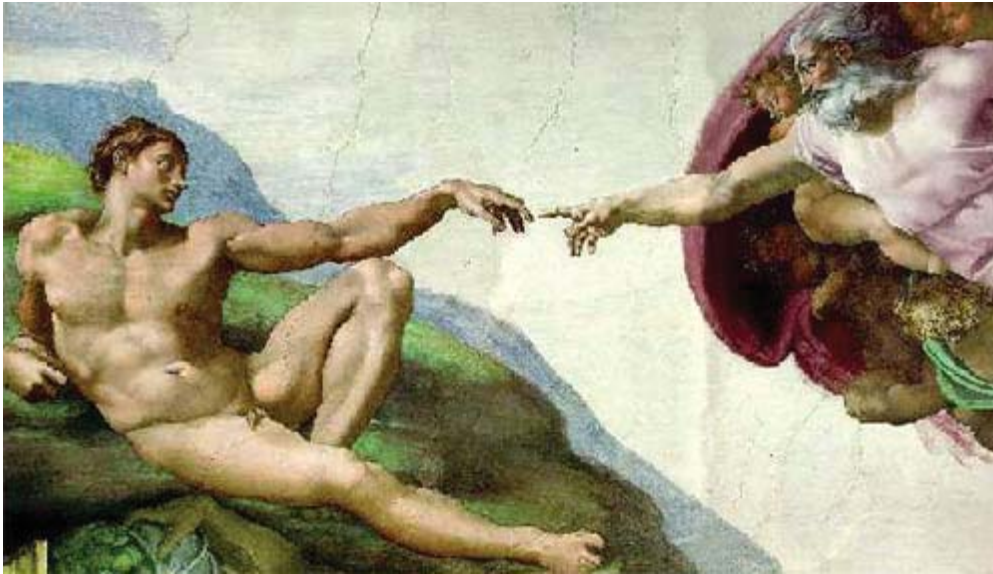
Qual a origem da terra?

versão popular do sistema de Newton alguns anos mais tarde. Partidários de Newton começaram a surgir principalmente dentre a juventude francesa, que encontrou em suas aproximações matemáticas a explicação para fenômenos naturais intrigantes. Vários problemas, nas décadas após 1730, surgiram como oportunidade para os Newtonianos franceses demonstrarem o poder de suas aproximações, incluindo o retorno do cometa Halley em 1758. No final do século, a explicação “Newtoniana” de Pierre Simon Laplace sobre uma irregularidade no movimento da Lua surgiu para solucionar uma grande dúvida sobre a estabilidade do sistema solar. O estabelecimento do sistema de Newton tornou possível uma nova concepção de cosmos, diferentemente da própria idéia de Newton, e adquiriu quase que um poder divino.

Embora a maioria das pessoas simplesmente aceitasse o Gênesis como a origem da Terra, os filósofos naturais da França e da Escócia começaram a especular por quais meios Deus a teria criado e qual o significado dessa criação. Estas especulações ficaram conhecidas como teorias da Terra. Estes escritores desafiaram a idéia comumente aceita da Terra e, com ela, a duração da história. Perceba que, mesmo com o questionamento sobre Gênesis, Deus ainda é o criador da Terra para esses filósofos.

Nada recebeu maior atenção dos cientistas e não houve maior conflito entre as filosofias naturais no século 18 do que a questão sobre o passado e as origens da Terra. O Embaixador da França para o Egito, Benoit de Maillet, tinha grande curiosidade sobre a região do Mediterrâneo, por onde viajava bastante. Entre 1692 e 1718, convencido sobre a teoria de diminuição gradual das águas do mar compôs um trabalho sobre esse tema, no qual ele considerava que inicialmente a Terra foi totalmente coberta pelas águas, e que estas foram baixando gradualmente. Vários animais aquáticos teriam mudado durante o período de recessão do mar, como os peixes que teriam tornado suas barbatanas em pés para andar sobre a terra. Ele estimou que a taxa de diminuição do nível do mar em cerca de 0,9 m a cada 1000 anos. Seu trabalho só se tornou público em 1748, uma década após sua morte, e causou muita indignação.

Em 1749, Georges Louis Leclerc, o Conde de Buffon, publicou o primeiro de seus três volumes da sua História Natural, uma compilação de tudo o que era conhecido sobre a história natural do mundo. Ele sugeriu que a Terra e outros planetas teriam se originado como resultado de um cometa que teria se chocado contra o Sol. Em 1778, publicou sua tese em um livro muito lido intitulado Épocas da Criação. Essa década e seus acontecimentos que iriam conduzir à Revolução Francesa deixaram Buffon livre para publicar outras idéias radicais. Para Buffon, após a criação da Terra a vida teria surgido somente após cerca de 33000 anos, depois da formação do planeta, e os humanos mais tarde ainda, cerca de 77000 anos depois.



A criação de Adão, afresco de Michelangelo, 1511 (Fonte: [www.pgnet.com.br](http://www.pgnet.com.br)).

Estas explicações não eram ateístas, visto que todos estes autores de teorias sobre a criação da Terra acreditavam que Deus era o criador das leis naturais que ditavam o curso da natureza, ou seja, houve uma mudança da idéia sobre a ação direta de Deus sobre a criação. Deus operava sobre a natureza por um “controle remoto” através de leis naturais. Esta concepção é chamada de deísmo.

Os iluministas acreditavam que Deus está presente na natureza, portanto no próprio homem, que pode descobri-lo através da razão.

## AS BASES DA GEOLOGIA

Até agora essas teorias eram especulativas, sem provas reais. Mas ao final do século XVIII, surgiu na Alemanha outra forma de estudo da Terra: a mineralogia. Já havia nessa época uma reunião de informações empíricas sobre os minerais, por causa da sua utilidade na indústria. Um esquema de classificação comum incluía 4 classes: terras, metais, sais e enxofres. Para estudar as terras, por exemplo, os mineralogistas utilizavam testes de solubilidade em água e precipitação das soluções, o que contribuiu para a compreensão da interação de ácidos e bases.

Entre os mineralogistas, havia uma aceitação de que o oceano original do Gênesis era um fluido aquoso grosso e gelatinoso feito de minerais em solução. Rochas e outros minerais sólidos haviam se formado pelo tempo com sua consolidação, ou seja, a transição do fluido em sólido. O mineralogista alemão Abraham Werner (1749-1817), no final do século, coletou cuidadosamente as observações de seus predecessores, mas se preocupou com outro aspecto:



criou um sistema geológico baseado no tempo de formação das rochas. A partir de seus dados, Werner concluiu que a Terra teria mais de 6000 anos, que era inferido no Velho Testamento. Seus trabalhos tiveram enorme influência naqueles que estabeleceram a Geologia como uma ciência nas décadas após ele.



(Fonte: <http://www.fumdham.org.br>).

### ORIGENS DO UNIVERSO E DO HOMEM

A idéia de Universo de Newton era bastante estática e sua mecânica era baseada em alguns princípios que ele julgou eternos: o conceito de um tempo e um espaço absoluto, e a transmissão instantânea da atração gravitacional. Suas idéias seriam mais ou menos a de um Universo como um grande relógio que funciona segundo leis naturais simples (matemáticas), e que uma vez posto em movimento por Deus, se mantém eternamente. Mas esse conceito de um tempo e um espaço absoluto não durou muito tempo. Já em 1714, Gottfreid Leibniz rejeitava essa idéia. Segundo o filósofo Kant o tempo e o espaço são formas fundamentais de percepção que existem como ferramentas da mente, mas que só podem ser usadas na experiência.

Em meados do século XVIII, Kant formulou uma nova explicação para a origem do sistema solar com base em leis inerentes à própria matéria, sem intervenção de forças sobrenaturais. No final do século, em 1796, o matemático e astrônomo Laplace publicou a obra *Exposição do Sistema do Mundo*, em que enuncia sua hipótese da formação do sistema solar que, em muitos pontos, era idêntica à de Kant. A sua hipótese foi rapidamente aceita entre os cientistas que a adotaram durante mais de século e meio.

Mas, a medida que se difundiam as novas concepções do universo, uma outra pergunta se sobressaía: Teria o Homem sofrido um processo evolutivo como teria ocorrido no Universo?

Você se lembra que lá na Grécia Antiga, Anaximandro de Mileto havia afirmado que os primeiros homens tinham origem noutras espécies oriundas do mar? Pois então, nesse período os cientistas voltam a essas idéias evolucionistas, mas agora apoiadas em observações naturalistas; o primeiro deles foi o botânico Lamarck (1744-1829).

Porém, um evolucionista se destacou dentre todos; seu nome era Charles Darwin (1809-1882). Darwin ficou conhecido pela sua teoria sobre a evolução caracterizada como um processo de seleção natural das espécies, através da qual só os mais aptos sobrevivem, e os menos aptos são progressivamente eliminados. Com essas idéias, Darwin mudou a idéia vigente de que o Homem teria sido criado diretamente por Deus. Para ele, o Homem teria se originado de primatas, que por sua vez, teriam se originado de outros seres através da evolução das espécies. Essa teoria seria logo reforçada por descobertas de fósseis de animais pré-históricos.

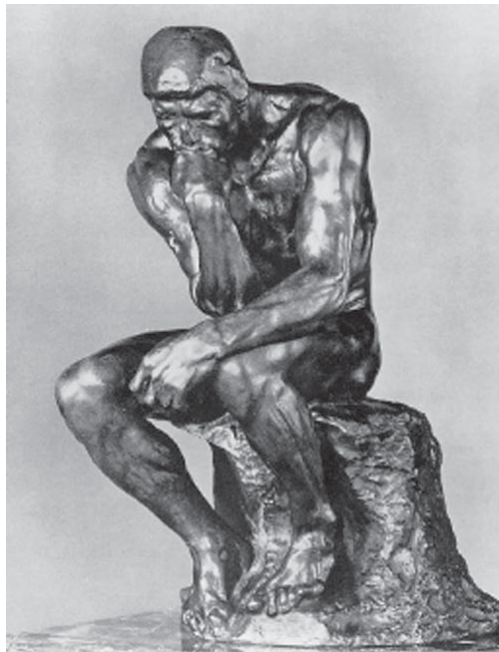
A nova ciência originada, a biologia, abriu uma visão inovadora aos filósofos naturais e foi uma das marcas do final do Iluminismo e o início da nova era chamada Romantismo. A humanidade teve que reconhecer a existência de um mundo pré-histórico, o que demandou uma completa reorientação do passado e do lugar dos humanos no mundo natural!



Fósseis encontrados na região de Xingó. Acervo do Max (Fonte: [www.max.org.br](http://www.max.org.br)).

### CONCLUSÃO

Foi determinante a relação entre as ciências e a economia no período do Iluminismo. Alguns dos nomes mais ilustres da ciência estavam interessados na solução de problemas práticos que se traduziam nas “inovações que pudessem melhorar”, por exemplo, a Mineralogia, a técnica militar, a Medicina etc. A ciência passou a ter apoio em todos os estratos sociais e a ser vista como a grande alavanca do progresso, do desenvolvimento e da prosperidade, devido à sua aplicação generalizada, começando a se transformar numa verdadeira instituição social. Pode-se dizer que foi realmente nesse período que a ciência mostrou uma força dinâmica de mudança social, embora nem sempre de mudanças previstas ou desejadas.



O pensador, escultura de Auguste Rodin (Fonte: [www.artchive.com](http://www.artchive.com)).



### RESUMO

Na aula de hoje, vimos que o Iluminismo marca o começo de um longo período histórico do ocidente chamado Era Moderna, que se distinguiu dos demais pelo compromisso com a busca da verdade e na confiança da razão como meio de descobrir essa verdade. Nessa linha de pensamento, os filósofos naturais, durante os séculos XVII, XVIII e XIX, inspirados por seus predecessores, produziram avanços nos limites do conhecimento em diversas áreas, como Física, Química, Biologia, Geologia e Medicina. Por causa da diversidade de assuntos desenvolvidos, as ciências começaram a ser separadas da filosofia natural em assuntos diversificados. Nós também, nessa aula, tivemos que passar a examinar os temas em separado, como



forma de observar o seu desenvolvimento até sua conclusão, em lugar de seguir o desenrolar cronológico de todos os acontecimentos.

A Revolução Científica, iniciada no Renascimento, alastrou-se gradualmente por toda a Europa e mesmo fora dela, em países como os Estados Unidos, se tornando mais popular devido a sua aplicação na solução efetiva de problemas do cotidiano. A ciência também impulsionou revoluções sociais, já que foi fundamental para inovações práticas produzidas neste período, e que mudaram o modo de vida das pessoas, como o que ocorreu com a Revolução Industrial.

A busca de conhecimento alquímico sobre a interação das diversas substâncias levou à separação racional entre a alquimia e Química, sendo que esta última passa então a ter status de ciência nas Academias. As considerações do químico Lavoisier sobre a natureza do calor e a sobre os elementos básicos alteram de forma marcante o conhecimento da matéria e contêm direta consequência sobre o futuro do cosmos.

Discussões sobre a natureza da luz criaram dois seguimentos: o primeiro, daqueles que acreditavam que ela seria uma onda e outro, daqueles que supunham que seria formada de partículas. Esta última obteve uma supremacia durante muito tempo devido ao prestígio de Newton, que era um de seus idealizadores. Devido às várias evidências da validade da teoria ondulatória, no final do século XVIII, ambas as teorias foram aceitas, porém ainda com prevalência da teoria corpuscular.

Fenômenos elétricos naturais levaram a uma nova área extremamente interessante da Física (a eletricidade), com a busca de muitos por explicações racionais para estes fatos. Benjamin Franklin se tornou um ícone nessa área, pois foi o primeiro a demonstrar que o relâmpago é um fenômeno elétrico, conseguindo explicá-lo, como também a outros fenômenos, de forma satisfatória para a época.

Mas dentre os diversos assuntos em voga neste período, nada recebeu maior atenção do que a questão sobre o passado e as origens da Terra. Alguns escritores começaram a desafiar a história da Terra descrita no Gênesis, propondo novas teorias especulativas sobre o surgimento do nosso planeta, dos animais e dos homens. Apesar de entrarem diretamente em conflito com as ordens religiosas, estas explicações não eram ateístas, visto que todos estes autores de teorias sobre a criação da Terra acreditavam que Deus era o criador das leis naturais que ditavam o curso da natureza.

Após muitas teorias especulativas, evidências obtidas por mineralogistas e estudiosos de seres vivos, como Charles Darwin, realmente forçaram mudanças nas teorias sobre a criação da Terra e da Humanidade, além da forma de interferência de Deus sobre a natureza. A humanidade teve que fazer uma completa reorientação do passado e do lugar dos humanos no mundo natural.



### ATIVIDADES

1. Quais foram os temas mais investigados pelos cientistas no período descrito nessa aula?

#### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Foram diversos os temas. Vamos lembrar alguns deles.

A busca de explicações sobre a constituição da matéria que provocou a separação racional entre a química e a alquimia.

Considerações sobre a natureza do calor que levaram a uma vasta generalização sobre todas as forças que contém direta consequência sobre o futuro do cosmos.

Explicações e aplicações de fenômenos ligados a eletricidade.

Questões sobre a história da Terra e do Cosmos, que desafiaram a escala temporal prevista nos velhos tempos, como a teoria evolucionária e a descoberta de fósseis (de seres pré-históricos). E dentro desse tema, a relação entre Deus e a natureza.

2. Aponte algumas teorias científicas estudadas nessa aula influenciadas pela filosofia dos gregos antigos.

#### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Por exemplo, a teoria atomista, que voltou com toda a força dentre os químicos do período estudado nessa aula, já havia sido proposta pelos gregos antigos. Também a idéia de Anaximandro de Mileto que o Homem teria sido originado em outras espécies oriundas do mar voltou na teoria evolucionista, mas agora estava baseada em observações dos naturalistas. Até mesmo a idéia dos quatro elementos formadores da matéria de Aristóteles foi a base das tentativas dos alquimistas e depois dos químicos de explicar de que elementos realmente a matéria é composta (os elementos químicos e a tabela periódica).

3. Você também pode filosofar como Kant: tente imaginar alguma coisa que existe fora do tempo e que não tem extensão no espaço. Comente suas idéias.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

É, acho que não dá, não é mesmo? Mesmo quando vemos filmes de ficção científica, com seres de outros planetas e velocidades extremas como a da luz, ou ainda, com viagens do passado ao futuro, sempre estamos lidando com o tempo e espaço da mesma maneira que conhecemos no nosso dia-a-dia. O espaço é tridimensional e existe presente, passado e futuro nos acontecimentos. A mente humana não pode produzir tal idéia de algo que por exemplo tenha sido criada, mas não está localizada em um ponto do tempo ou que não ocupe uma extensão espacial. Nada pode ser percebido exceto através destas formas, e portanto, os limites da física são os limites da estrutura fundamental da mente, pois é através dela que tentamos explicar o mundo ao nosso redor.

4. Comente o surgimento das diversas áreas científicas criadas a partir da filosofia natural citadas nesse texto.

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Vimos o surgimento da Geologia, a partir dos estudos mineralógicos na Alemanha, a Biologia, com as teorias evolucionistas, a separação da alquimia levando à criação da Química e a Física se subdividindo em diversos assuntos, como Óptica, Eletricidade, Cosmologia, Termodinâmica. Mesmo que eles já estivessem embutidos na filosofia natural, agora cada assunto começou a ficar tão complexo e tão cheio de dados e teorias, que realmente foi necessário subdividir em assuntos separados e não mais uma única filosofia natural.

5. Comente como o Iluminismo influenciou a Independência dos EUA e a Revolução Francesa?

### COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Devemos compreender que no Estado absolutista o poder apresentava o rei como representante de Deus na Terra, defensor da Igreja e da pátria, protetor das artes, legislador e representante do Estado, cujos interesses estavam acima dos interesses particulares. Na França, por exemplo, o rei era sagrado e seus súditos lhe deviam obediência como a Deus. Ele era a lei viva e a fonte da justiça.

Mas os filósofos naturais começavam a deixar de lado os dogmas religiosos, e passavam a buscar respostas baseadas na ciência. Para eles até a crença devia ser racionalizada. Os Iluministas rejeitavam as tradições, procuravam uma explicação racional para tudo e novos meios para dar felicidade aos homens. Atacavam a injustiça, a intolerância religiosa e os privilégios. Para eles as desigualdades seriam provocadas pelos próprios homens, isto é, pela sociedade. Para corrigi-las, achavam necessário mudar a sociedade, dando a todos liberdade de expressão e culto, e proteção contra a escravidão, a injustiça, a opressão e as guerras. O Iluminismo abriu caminho para a Independência dos EUA e para a Revolução Francesa, pois denunciou erros e vícios do Antigo Regime.



### PRÓXIMA AULA

Discutiremos o surgimento da teoria eletromagnética e a influência desses estudos em várias áreas: desde a Óptica até a Medicina, chegando até a descoberta da radioatividade.

### REFERÊNCIAS

- FRANCO, H. **Curso de evolução dos conceitos da Física do IFUSP**. Disponível em <<http://plato.if.usp.br/1-2003/fmt0405d>>. Acesso em 01/02/2008.
- GREGORY, F. **The history of Science 1700 - 1900. Course Guidebook**. The Teaching Company, 2003
- MACEDO, C. A. **Apostila do Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.
- MARTINS R. A. **A Física no final do século XIX: modelos em crise**. Disponível em <<http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica05.htm>>. Acesso em 18/02/2008.
- Portal de ensino de Física da USP. Disponível em <<http://efisica.if.usp.br>>.
- VALERIO, M. E. G. **Notas de aula do Curso de Introdução à Física da UFS**. São Cristóvão, 2006.
- <http://hpdemat.vilabol.uol.com.br/Biografias.htm>.