

Epistemologia de Gaston Bachelard

Prof Rodrigo Volcan Almeida

Departamento de Bioquímica – IQ – UFRJ

Prof^a Ariane Leites Larentis

Fundação Oswaldo Cruz

O corte epistemológico na Física

Galileu Galilei (1564 - 1642)



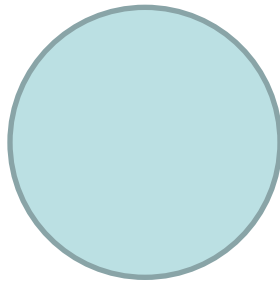
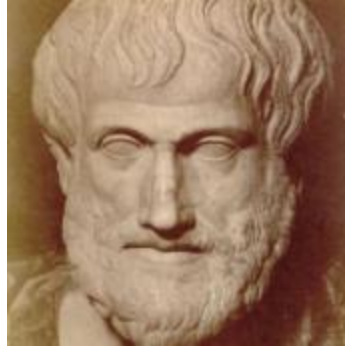
Os quatro períodos da vida de Galileu (Mariconda e Vasconcelos, 2006)

- **Período pisano (1589 – 1592)** → leciona na Universidade de Pisa e começa seus estudos sobre o movimento dos corpos;
- **Período paduano (1592 – 1610)** → trabalha na Universidade de Pádua se dedicando à Mecânica e aprofunda a compreensão físico-matemática do movimento dos corpos;
- **Período polêmico (1610 – 1633)** → defesa do copernicanismo
 - *Sidereus nuncius* [Mensageiro do Céu]
 - *Dialogo sopra i due massimi due massimi sistemi del mondo* [Dialogo sobre os dois maximos sistemas do mundo]
 - **condenação pela Inquisição**
- **Período da retomada da mecânica (1633 – 1642)**
 - *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* [Argumentos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências]

Galileu e a revolução científica do século XVII

Alexandre Koyré (1943)

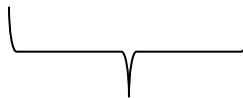
O conceito de movimento...



repouso

ESTADO

movimento

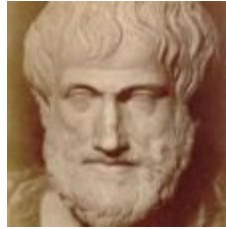


**PROCESSO DE
MUDANÇA**

repouso

ESTADO

O conceito de movimento...

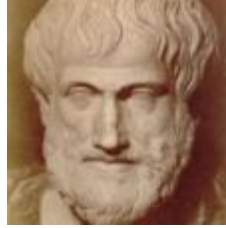


“Quanto ao movimento (*kinesis*), ou mesmo ao movimento local, a física aristotélica o considera como uma espécie de processo de mudança em oposição ao *repouso*, o qual, sendo o objetivo e o fim do movimento, deve ser reconhecido como um *estado*.”

“Todo movimento é mudança (atualização ou corrupção) e, por conseguinte, um corpo em movimento não só muda em relação aos outros corpos mas, ao mesmo tempo, está ele próprio submetido a um processo de mudança.”

“Ademais, a física aristotélica não admite o direito, nem mesmo a possibilidade, de identificar o espaço concreto do Cosmo finito e bem ordenado com o espaço da geometria, nem admite a possibilidade de isolar um corpo de seu ambiente físico (e cósmico). Por conseguinte, quando se trata dos problemas concretos da física, sempre se faz necessário levar em conta a ordem do Mundo, considerar a região do ser (o lugar “natural”) a que determinado corpo pertence por sua própria natureza.”

O conceito de movimento...



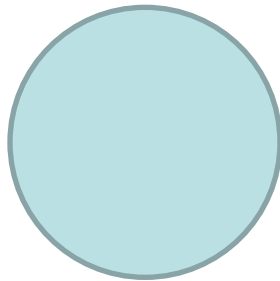
“Assim, por exemplo, os corpos terrestres se movem em linha reta; os corpos celestes, em círculos. Os corpos pesados descem, enquanto os corpos leves sobem. Estes movimentos lhes são “naturais”. Em compensação não é natural que um corpo pesado suba ou que um corpo leve desça. Só pela “violência” é que podemos fazê-los executar esses movimentos, etc”

“(...) fica claro que o movimento, considerado como um processo de mudança, não se pode prolongar espontânea e automaticamente; que ele exige, para que persista, a ação contínua de um motor ou de uma causa; e que ele cessa de uma vez desde que essa ação cesse de se exercer sobre o corpo em movimento, isto é, desde que o corpo em questão seja separado de seu motor.”

Inércia ?

conceito “simples”...?

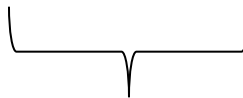
O conceito de movimento...



repouso

ESTADO

movimento



ESTADO

repouso

ESTADO

Inércia ?

O corpo abandonado a si mesmo permanece em seu estado de repouso ou de movimento tanto tempo quanto esse estado não for submetido a ação de uma força exterior.

O corte epistemológico na Física

“Porém, qualquer que seja a importância dos novos “fatos” descobertos e reunidos pelos *venatores*, a acumulação de certo número de fatos, isto é, **uma pura coleção de dados da observação e da experiência não constitui uma ciência**. Os “fatos” tem de ser ordenados, interpretados, explicados. Em outras palavras, **só quando é submetido a um tratamento teórico é que o conhecimento dos fatos se torna uma ciência”**

O corte epistemológico na Física

“Por outro lado, a observação e a experiência – isto é, a observação e a experiência rudimentares, efetuadas através do senso comum – **não desempenharam senão um papel de reduzida importância na edificação da ciência moderna. Poderia dizer-se, até, que elas constituíram os principais obstáculos que a ciência encontrou em seu caminho. Não foi a experiência, mas a experimentação**, que impulsionou seu crescimento e favoreceu sua vitória. O empirismo da ciência moderna não repousa na experiência, mas na experimentação.”

Alexandre Koyré – Uma experiência de medida (1953)

O corte epistemológico na Física

“(...) desejo acentuar a **estreita ligação existente entre a experimentação e a elaboração de uma teoria**. Longe de se oporem uma à outra, a experiência e a teoria são ligadas e mutuamente interdeterminadas, e é com o desenvolvimento da precisão e o aperfeiçoamento da teoria que aumentam a precisão e o aperfeiçoamento das experiências científicas. (...)

A experimentação é um processo teleológico cujo fim é determinado pela teoria.”

Corte epistemológico na Química

Filgueiras – Lavoisier: O estabelecimento da química moderna (2007)

Alquimia

A Alquimia baseia-se na transmutação elementar, isto é, na possibilidade de um elemento ser **transmutado** em outro. Os alquimistas buscavam a transmutação dos chamados metais básicos em metais nobres, por meio de processos químicos de laboratório. Essa busca se traduzia no anseio por descobrir a pedra filosofal, o método que permitiria transmutar um metal básico, barato, como o chumbo ou o cobre, em ouro. (...)

Explicações não racionais, místicas, esotéricas ou iniciáticas.

Química

A Química funda-se na impossibilidade da transmutação elementar por meio de reações químicas de laboratório. Foi Lavoisier quem definiu de forma clara o conceito moderno de elemento químico como a menor porção de matéria que não perde sua identidade numa reação química (embora hoje sabemos ser possível a *transmutação* elementar em reações nucleares, processos que envolvem altas energias, de fissão e fusão nuclear).

Corte epistemológico em Química: A Alquimia NÃO é Química

A Química é a ciência que trata da matéria em todas as suas manifestações, de sua estrutura e suas transformações. A Alquimia não é Química. Embora tenham pontos de contato, quando se pensa em várias técnicas, processos e materiais, há uma diferença fundamental, que as torna ***irreconciliáveis*** do ponto de vista conceitual.

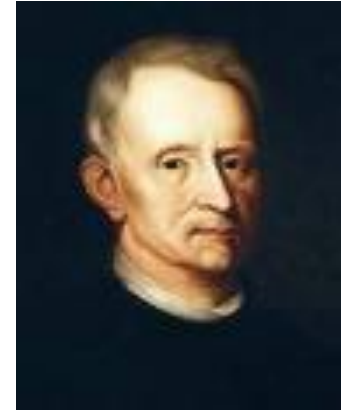
Apesar dessa incompatibilidade de doutrina entre a Química e a Alquimia, as duas se interpenetram do ponto de vista dos materiais usados, das operações e dos processos de laboratório, das técnicas de análise e sínteses as mais variadas. Nesse aspecto, a Química é grande devedora da Alquimia, embora lhe seja tão oposta nos conceitos. Ao trabalho dos alquimistas devemos a descoberta de muitas substâncias novas, assim como de procedimentos e equipamentos usados em laboratório.

Os preceitos alquímicos estabelecidos e aceitos eram ***herméticos e tendiam ao esoterismo***, funcionando como ***entraves*** a uma ampliação do entendimento da constituição e transformação da matéria, que são a base da Química.

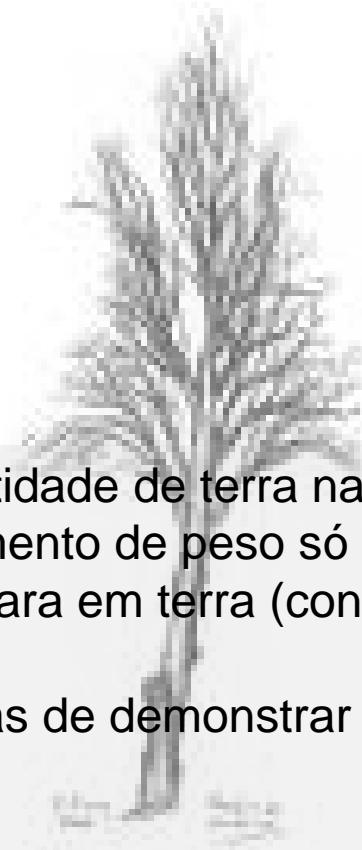
Conjuntura econômico-social

“As doutrinas da Alquimia não conduziam a novos progressos que o Ocidente necessitava. Com imensas terras recém-descobertas e em vias de serem colonizadas, a Europa precisava de quantidades cada vez maiores de armas, instrumentos agrícolas e de construção, navios, materiais como metais, vidro, cerâmica, madeira, papel, e muitos outros, que tinham de ser produzidos em grande escala. A Europa do Renascimento tinha fome de Química. A descoberta e a colonização de novas terras mudaram bastante a concepção de mundo dos europeus – ele era muito maior e mais complexo do que se imaginava. Havia terras, climas, povos, civilizações, animais, plantas, minerais e uma infinidade de outras coisas das quais nunca se ouvira falar. Tudo isso certamente contribuiu para a inquietação intelectual que se estabeleceu nesse período do Renascimento, gerando uma vontade de conhecer mais e de duvidar de muitas doutrinas que se mostravam ultrapassadas ou incapazes de se sustentar em face da nova realidade.”

van Helmont (1577-1644)



Jan Baptist van Helmont (1577-1644) plantou um salgueiro pesando 5 libras numa tina com 200 libras de terra. Durante cinco anos, regou-o pacientemente com água pura de chuva. Ao cabo desse tempo, o salgueiro pesava 269 libras e 3 onças.



Conclusão de van Helmont: como a quantidade de terra na tina permaneceu praticamente constante, o aumento de peso só podia ser atribuído à água da chuva, que se transmutara em terra (considerando terra e sólido como sinônimos)...

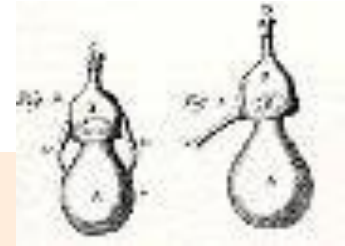
(essa talvez seja uma das primeiras tentativas de demonstrar o princípio da conservação da matéria!)

Na mesma época, era crença corrente que, ao ferver-se água por muitos dias num frasco de vidro, produzia-se um resíduo sólido no fundo do frasco...

Lavoisier (1743-1794)



Um dos primeiros experimentos mais conhecidos do início da carreira de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) deveu-se à observação de van Helmont mais de um século antes. Era convicção geral que, ao ferver-se água por muitos dias num recipiente de vidro, produzia-se um resíduo sólido no fundo do frasco.



Lavoisier realizou o seguinte experimento (em 1768):

Ferveu água por 101 dias num recipiente de vidro fechado (pelicano), tomando o cuidado de pesar o sistema antes e depois da operação.

Conclusão de Lavoisier: o peso do conjunto era o mesmo antes e depois... (contrariamente à crença geral)

Além disso, ele evaporou a água e verificou que o resíduo sólido produzido era igual à massa perdida pelo vidro...



Princípio da conservação da matéria

Química do flogisto (Séc XVII e XVIII)

Johann Joachim Becher (1635-1682)

Georg Ernst Stahl (1660-1734)



Primeira teoria racional para explicar os fenômenos químicos

Flogisto = princípio da combustibilidade

“quando alguma coisa queima, perde flogisto”

- possibilitava prever *qualitativamente* vários fenômenos:
 - queima do carvão resulta em poucas cinzas: carvão é rico em flogisto
 - metal = cal + flogisto (cal = óxido): os metais possuem diferentes teores de flogisto

De acordo com a química do flogisto, um metal seria um composto e sua cal seria um elemento (no sentido moderno do termo), uma vez que o metal poderia ser decomposto em seus constituintes mais simples (cal + flogisto)

Química dos gases

Século XVIII: *gás inflamável* (hidrogênio)

-o gás inflamável queima sem deixar resíduo → flogisto puro!!!

Problema: a queima de carvão, enxofre, etc. gera resíduos sólidos mais leves que as substâncias originais, mas a queima dos metais, do fósforo, etc., deixa resíduos sólidos mais pesados que as substâncias originais...

“Soluções” propostas:

- a) o flogisto teria massa ora positiva, ora negativa;
- b) o flogisto seria imponderável;

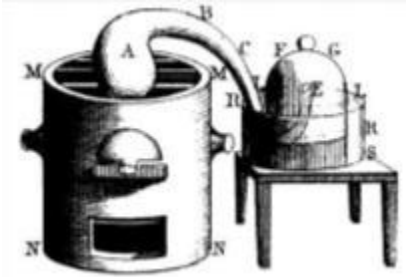
Evidentemente estas “soluções” não poderiam se sustentar...

Lavoisier realizou os seguintes experimentos:

- 1) estanho + grande volume de ar → óxido de estanho + pequeno volume de ar (+pesado)
- 2) óxido de chumbo + carvão → chumbo + grande volume de “ar fixo” (CO₂) (+leve)

Esses e outros experimentos levaram Lavoisier a afirmar:

“comecei a suspeitar de que o ar da atmosfera, ou um fluido elástico qualquer contido no ar, fosse susceptível num grande número de circunstâncias, de se fixar, de se combinar com os metais; que era à adição dessa substância que eram devidos os fenômenos da calcinação, o aumento de peso dos metais convertidos em cais, e talvez muitos outros fenômenos dos quais os físicos não haviam ainda dado nenhuma explicação satisfatória”.



A rigorosa pesagem do sistema antes e depois dos experimentos, bem como a meticulosa medida dos volumes dos gases produzidos/consumidos deu à química uma nova dimensão, e a teoria do flogisto perdeu força.

Lavoisier: “a importância do tema me obrigou a voltar a este trabalho, que, no meu entender, está fadado a provocar uma revolução no terreno da Física e da Química”.

A descoberta do oxigênio

Carl Wilhelm Scheele (antes de 1772)



dióxido de manganês + calor → “*ar do fogo*”
“*ar do fogo*” + carvão em pó → fogo!!!

Scheele havia descoberto o oxigênio (e várias de suas propriedades), mas não percebeu seu papel fundamental na combustão.

Joseph Priestley (1774)

óxido de mercúrio + calor → “*ar desflogisticado*” ou “*ar vital*”

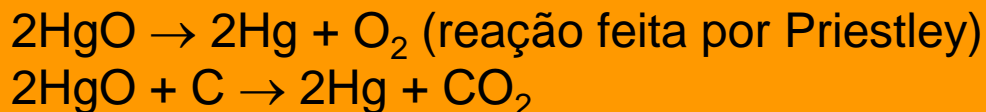
Esses experimentos mostravam que, como não havia necessidade de adição de carvão para reduzir a cal ao metal, não era necessário adicionar flogisto!!!



Lavoisier (1775)

Reproduziu os experimentos de Priestley, e também na presença de carvão, porém interpretou os resultados à luz de suas descobertas anteriores.

Atualmente, escreveríamos as reações envolvidas como:



Suas conclusões:

“o princípio que se une aos metais durante sua calcinação, e que lhes aumenta o peso e os leva ao estado de cal, não é nem uma das partes constituintes do ar, nem um ácido particular espalhado na atmosfera, é o próprio ar, inteiro, sem alteração, sem decomposição”.

e

“[aquele ar] é mais puro, mais respirável, se se pode usar essa expressão, que o ar da atmosfera, e mais apropriado para manter a inflamação e a combustão dos corpos”.

Ainda que Lavoisier não tenha sido o primeiro a preparar o oxigênio, foi ele quem soube explicar o papel dessa substância nas reações químicas que se estudavam na época e, a partir daí, estabelecer as bases da Química moderna.

Oxigênio como *conceito*

“... Priestley e Scheele que, em pleno período em que dominava a teoria flogística, *produziram* um gás cujo nome *verdadeiro* eles próprios desconheciam; oxigênio foi uma denominação posterior. Engels diz: “*eles tinham simplesmente produzido sem ter a menor idéia disto que eles tinham produzido*”. Isto é, eles não possuíam ainda “*o seu conceito*”. A este nível, Engels argumenta que o elemento que iria subverter a concepção flogística interna e revolucionar a química, permanecia entre suas mãos (de Priestley e Scheele), marcado de esterilidade. Engels arremata estas considerações com perfeição, pois a esterilidade em que a *novidade* (o oxigênio) se mantém em mãos de Priestley e Scheele decorre da impossibilidade destes dois “cientistas” de saírem da problemática específica da “flogística”, e, por isso, de não poderem evitar de encarar este *novo* gás como uma *resposta*, e não como uma *questão*, isto é, como um lugar *novo* (teoricamente novo) onde os problemas se colocam.

E Engels diz, aliás, que Lavoisier, diferentemente, parte *desta realidade nova* e submete a química flogística a um exame rigoroso. Isto é, **Lavoisier vê um problema ali onde outros viam uma solução**. E daí pode-se concluir, como faz Engels implicitamente, (...) que se os primeiros (Priestley e Scheele) **produziram** o oxigênio, apenas o segundo (Lavoisier) o **descobriu**. O que quer dizer que Lavoisier deu o seu **conceito**, produziu o seu lugar.”