

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

## O Racionalismo do século XVII

● Descartes acreditava que Deus criava a matéria e seu movimento sem nenhuma interferência posterior.

***Concedam-me a matéria e seu movimento e eu construirei o Universo.***

● ***Livro Princípios de Filosofia – Leis da natureza de Descartes***

1. *Cada coisa permanece no mesmo estado o tempo que puder e não muda este estado senão pela ação das outras e cada parte da matéria jamais continua a mover-se segundo linhas curvas, mas sim segundo linhas retas.*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

*2. Se um corpo que se move encontra outro mais forte que ele, não perde nada de seu movimento e se encontra outro mais fraco, a quem possa mover, perde de seu movimento aquilo que transmite ao outro.*

 lei geral da conservação do movimento de Descartes:

***O produto da massa pelo módulo da velocidade do corpo –  $mv$ .***

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

## O pensamento de Leibniz

*Frequentemente nossos novos filósofos se servem da famosa regra em que Deus conserva sempre a mesma quantidade de movimento do universo. De fato isto é muito plausível e antes eu próprio a tinha como indubitável. Porém há algum tempo reconheci em que consiste o seu erro. O Senhor Descartes e muitos hábeis matemáticos têm acreditado que a quantidade de movimento, isto é, a velocidade multiplicada pela magnitude (massa) do móvel é exatamente a força motriz ou, para falar matematicamente, que as forças estão na razão direta das velocidades e das magnitudes(...).*

- **Para Leibniz a medida da força( movimento) –  $mv^2$ (vis viva).**
- **A mesma quantidade de força é conservada, ou melhor, o efeito todo é igual à causa total.**

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

Seu argumento básico é de que um corpo A de massa quatro vezes menor que a de um corpo B, porém caindo de altura quatro vezes maior, ao colidir com o solo, deve ter uma força igual. Galileu e Torricelli já haviam descoberto que as velocidades finais de um corpo em queda livre eram proporcionais à raiz quadrada da altura, e assim o corpo A, quando tocasse o solo, teria uma velocidade apenas duas vezes maior que a do corpo B, o mesmo acontecendo com sua quantidade de movimento. No entanto, a razão entre as velocidades deveria ser de quatro para um, e assim, Leibniz prova que a grandeza que mede o movimento e, portanto a verdadeira medida da força, é a massa vezes o *quadrado* da velocidade, isto é,  $mv^2$ , e não  $mv$ , como acreditavam os seguidores de Descartes.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

## Huygens

*A soma dos produtos da massa de cada corpo duro pelo quadrado da sua velocidade é sempre a mesma antes e depois do encontro.*

● *Leibniz aprendeu com Huygens que a quantidade de movimento no sentido cartesiano (onde a velocidade é tomada apenas em seu módulo) não é conservada no fenômeno do impacto(...) aprendeu ainda, sobre o papel que a elasticidade exerce na explicação das leis de impacto e finalmente entendeu também a conservação da grandeza  $mv^2$ .*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO - A verdadeira medida do movimento

O princípio da conservação da quantidade de movimento, estabelecido por Descartes, e o princípio da conservação das forças vivas (energia), cujo conceito foi estabelecido por Leibniz e Huygens, e que hoje são tidos como interdependentes e igualmente verdadeiros, são as expressões matemáticas mais adequadas para representar a evolução do Universo e marcam dois fatos de fundamental importância na história da ciência e na história dos princípios fundamentais da Mecânica.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

## ● Gênesis:

*No princípio, Deus criou o céu e a terra. E a terra era informe e vazia. E havia trevas sobre a face do abismo; e o espírito de Deus se movia sobre as águas. E disse Deus: "Que seja feita a luz". E a luz se fez.*

## ● Lápide de Newton, Abadia de Westminster:

*A Natureza e as leis da Natureza estavam ocultas na noite. Deus disse: Seja Newton! E tudo fez-se luz!*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

## Contexto histórico

- Desenvolvimento das formas de propriedade privada:
  - ***Domínio do feudalismo.***
  - ***Desintegração do sistema feudal*** (emergência e desenvolvimento do capital mercantil e da manufatura).
  - ***Domínio do capitalismo industrial*** (indústria de grande escala, aplicação das forças da natureza para propósitos industriais, a mecanização e a uma mais detalhada divisão de trabalho).

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

Atividades fundamentais desenvolvida nesse momento histórico

- Meios de comunicação (transporte)
- Indústria
- Indústria da Guerra

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

Carta de Newton a Francis Aston (1669)

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- No ano 1642, morre Galileu Galilei e nasce Newton, o criador da Mecânica clássica (considerado o ano ou marco zero da ciência).
- Observação: A rigor, somente o Protestantismo inglês permitiu esta formidável coincidência numerológica, pois o calendário inglês, por divergências teológicas com o Catolicismo, estava dez dias atrasado em relação ao calendário gregoriano oficial do continente europeu, no qual era 4 de janeiro de 1643 quando Newton nasceu.
- Kepler - morreu doze anos antes.
- Descartes - trabalhava ativamente na Holanda.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- Tornou-se, com pouco mais de vinte anos de idade, o maior matemático da Europa.
- Inventou o cálculo das fluxões (diferencial e integral) e o binômio de Newton.
- Construiu uma teologia muito pessoal, que entrava em choque com a religião oficial, pois que defendia ferreamente a existência de um único Deus criador sem representantes na Terra, abolindo assim o dogma da Santíssima Trindade, que considerava uma apostasia.
- Concebia o universo como obra de um único Criador que estabeleceu as leis da Natureza de forma objetiva através de uma linguagem matemática.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- Dedicou várias décadas de estudo à Alquimia, de onde extraiu a ideia de ação à distância, que era incompatível com uma visão puramente mecanicista do mundo, e que se tornou o germe da lei de gravitação universal.
- Desenvolveu uma teoria de Óptica física.
- Robert Hooke, e praticamente todos naquela época, consideravam as cores como meras perturbações da luz branca ao passar por um prisma.
- Newton defendeu, heroicamente, contra tudo e contra todos, a ideia oposta de que a luz branca era uma mistura amorfa de cores, estas sim, elementos fundamentais.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

## A Lei da Gravidade

*A matéria atrai a matéria na razão direta de suas massas e na razão inversa do quadrado das distâncias que as separam.*

## Comentários

(...) Posso dizer sucintamente que a natureza é extremamente simples e está em harmonia consigo mesma. Qualquer que seja a lógica prevalecente em relação aos grandes movimentos, ela prevalecerá também em relação aos pequenos. Os primeiros dependem das forças de atração maiores dos corpos maiores, e desconfio que os últimos dependam de forças menores, ainda não observadas, de partículas imperceptíveis. Pois, pelas forças da gravidade, do magnetismo e da eletricidade, é evidente que há várias espécies de forças naturais, e o fato de que talvez haja mais outras não deve ser precipitadamente rejeitado. É perfeitamente sabido que os grandes corpos exercem uma ação mútua uns sobre os outros através dessas forças, e não vejo com clareza porque os pequenos não devam atuar uns sobre os outros mediante forças similares.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

*E certo que ela (a gravidade) deve provir de uma causa que penetra nos centros exatos do Sol e dos planetas (...) e que opera de acordo com a quantidade de matéria que eles contêm, e propaga a sua virtude em todos os lados a imensas distâncias, decrescendo sempre no quadrado inverso das distâncias. A gravitação com relação ao Sol é composta a partir das gravitações com relação às várias partículas dos quais o corpo do Sol é composto; e ao afastar-se do Sol, diminui com exatidão na proporção do quadrado inverso das distâncias até a órbita de Saturno (...) Mas até aqui não fui capaz de descobrir a causa destas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos, e não construo nenhuma hipótese; pois tudo que não é deduzido dos fenômenos, deve ser chamado uma hipótese; e as hipóteses, quer físicas, quer metafísicas, quer de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental. Nessa filosofia, as proposições particulares são inferidas dos fenômenos, e depois tornadas gerais pela indução (...). E para nós suficiente que a gravidade realmente exista, aja de acordo com as leis que explicamos e sirva abundantemente para considerar todos os movimentos dos corpos celestiais e de nosso mar.*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

## As Leis de Movimento

- *Lei I: Todo corpo permanece em seu estado de repouso ou movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele.*
- *Lei II: A mudança do movimento é proporcional à força motriz impressa, e se faz segundo a linha reta pela qual se imprime esta força.*
- *Lei III: A uma ação sempre se opõe uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos, um sobre o outro, são iguais e se dirigem a partes contrárias.*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

Enunciados da Segunda Lei de Newton

- Escrita pela relação diferencial  $F=dp/dt$ , onde  $p$  é a quantidade de movimento de um corpo.
- Conhecida nas salas de aula como  $F=ma$ .
- Na forma de equação diferencial, como  $F=mdv/dt$ , onde  $v$  é a velocidade do corpo e  $m$ , a massa de um corpo quando esta pode ser considerada constante (nem sempre verdadeiro).
- Em termos da aceleração, como  $F=ma$  ou da posição  $x$  de um corpo
- como  $F=md^2x/dt^2$ .

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- Isto significa que, se soubermos de que ponto o corpo iniciou seu movimento e com qual velocidade se deslocou inicialmente, saberemos em *qualquer momento futuro onde o corpo estará e com que velocidade se deslocará*.
- Diferença física clássica e física moderna/contemporânea(determinismo X probabilidade(incerteza))

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

A primeira lei é um caso particular da segunda, quando a força impressa é nula?

● Entendia que um corpo persevera em seu movimento por uma propriedade *inerente* à matéria (a massa inerte) e não por causas que lhe são comunicadas como forças inatas ou intrínsecas, como ele próprio pensava antes.

● **Definição mais antiga:** *A força intrínseca, inata e essencial de um corpo é o poder pelo qual ele se mantém em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, e é proporcional à quantidade de movimento do corpo.*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

## Posteriormente:

- Newton introduziu uma mudança na definição de força intrínseca, mediante a qual a atribuiu, não ao corpo, mas à matéria com a qual é feito.
- Sugeriu outro nome, *vis inertiae* (força de inércia) que não deveria ser a causa do movimento uniforme, mas uma propriedade da matéria.
- Revisou a Lei I afirmando que um corpo persevera em seu estado de repouso ou movimento uniforme por ação de sua *vis inertiae* acrescentando, no entanto, um adendo: *Essa força consiste apenas na ação e não mais permanece no corpo depois que a ação é concluída.*

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- “A mudança do movimento” prevista pela 2ª lei implica em comparações entre o estado final e inicial do corpo. A “força motriz impressa” que muda o movimento do corpo só pode ser definida se soubermos o que sucedia ao corpo na *ausência* dela, sendo este o papel da 1ª lei.
- Finalmente, Newton, na edição dos Principia, eliminou definitivamente a força intrínseca ou *vis inertiae* do enunciado da primeira lei, trocando-a por um princípio de inércia.
- A 1ª lei cria assim sistemas de referenciais inerciais, sem os quais a 2ª lei não é necessariamente verdadeira e nem sequer uma lei.

# NEWTON E O DESENVOLVIMENTO DO CONHECIMENTO

- O conceito de dinâmico de "força motriz impressa" só fica esclarecido se definir-se antes o que caracteriza a sua ausência.
- A 1ª e a 2ª leis definem assim, dialeticamente, o conceito newtoniano de força a partir de sua ausência e presença, respectivamente.
- Portanto, a 1ª lei não é tão óbvia e longe de ser uma " $F=ma$  quando  $a=0$ ", estabelece uma referência inercial para se medir a força e seu efeito de mudança, a partir dessa referência *anterior* à ocorrência da ação. Uma lei complementa a outra e juntas constituem o núcleo teórico quantitativo que Newton precisou para criar a Mecânica.