

## **Módulo 3 – Física**

### **1. Estados da Matéria**

Todos os corpos existentes na Terra, assim como todos existentes no Universo são constituídos por matéria. O que diferencia todos os corpos do Universo portanto é o tipo de matéria, ou seja, a concentração de cada elemento diferente existente na natureza e também seu estado.

Muitas propriedades físicas da matéria tais como os estados, a densidade, a solubilidade, a pressão de vapor e a condutibilidade elétrica dependem da temperatura.

A temperatura pode ser medida utilizando as escalas Celsius ( $0^{\circ}$  corresponde à temperatura onde a água congela e  $100^{\circ}$  corresponde ao ponto de ebulição da água ao nível do mar), a Kelvin ( $0\text{ K}$  é chamada de zero absoluto e corresponde ao ponto onde as moléculas e átomos possuem a menor quantidade possível de energia térmica) e a Fahrenheit (o ponto de congelamento da água corresponde a  $32^{\circ}\text{F}$  e o ponto de ebulição a  $212^{\circ}\text{F}$ ).

As seguintes expressões são utilizadas para a conversão entre as unidades Celsius, Kelvin e Fahrenheit:

$$K = ^{\circ}\text{C} + 273.15 \text{ e } ^{\circ}\text{C} = 5/9 \cdot (^{\circ}\text{F} - 32)$$

A temperatura está ligada à quantidade de energia térmica ou calor num sistema. Quanto mais se junta calor a um sistema, mais a sua temperatura aumenta. Ao contrário, uma perda de calor provoca um abaixamento da temperatura do sistema. Na escala microscópica, este calor corresponde à agitação térmica de átomos e moléculas no sistema. Assim, uma elevação de temperatura corresponde a um aumento da velocidade de agitação térmica dos átomos.

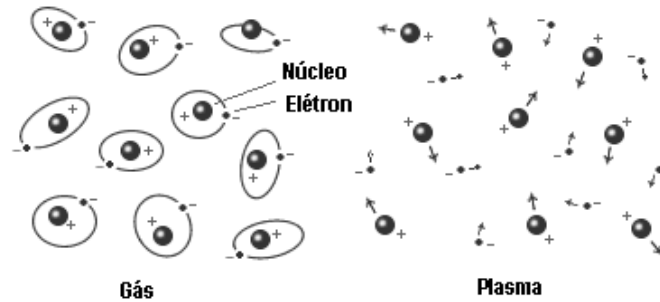
Os estados da matéria estão relacionados principalmente a condição de agitação dos átomos. São cinco os estados da matéria: sólido, líquido, gasoso, plasma e zero absoluto.

Quando a matéria se encontra no estado sólido, ela possui um volume constante e fixo, tem uma forma definida, e independentemente do recipiente em que for colocada, a matéria manterá sua forma. Neste estado as forças de coesão são maiores do que as de repulsão.

No estado líquido possui, equivalente ao estado sólido, tem um volume constante e fixo, sendo complicada a sua compressão ou expansão, porém sua forma depende unicamente do recipiente em que está contido. Neste estado as forças de coesão e repulsão se igualam.

No caso dos gases, eles não têm forma definida e a sua forma e o seu volume são definidos pelo recipiente que contém o gás. O gás ocupa todo o volume dentro do qual ele é confinado. Neste estado as forças de repulsão são maiores do que as de coesão.

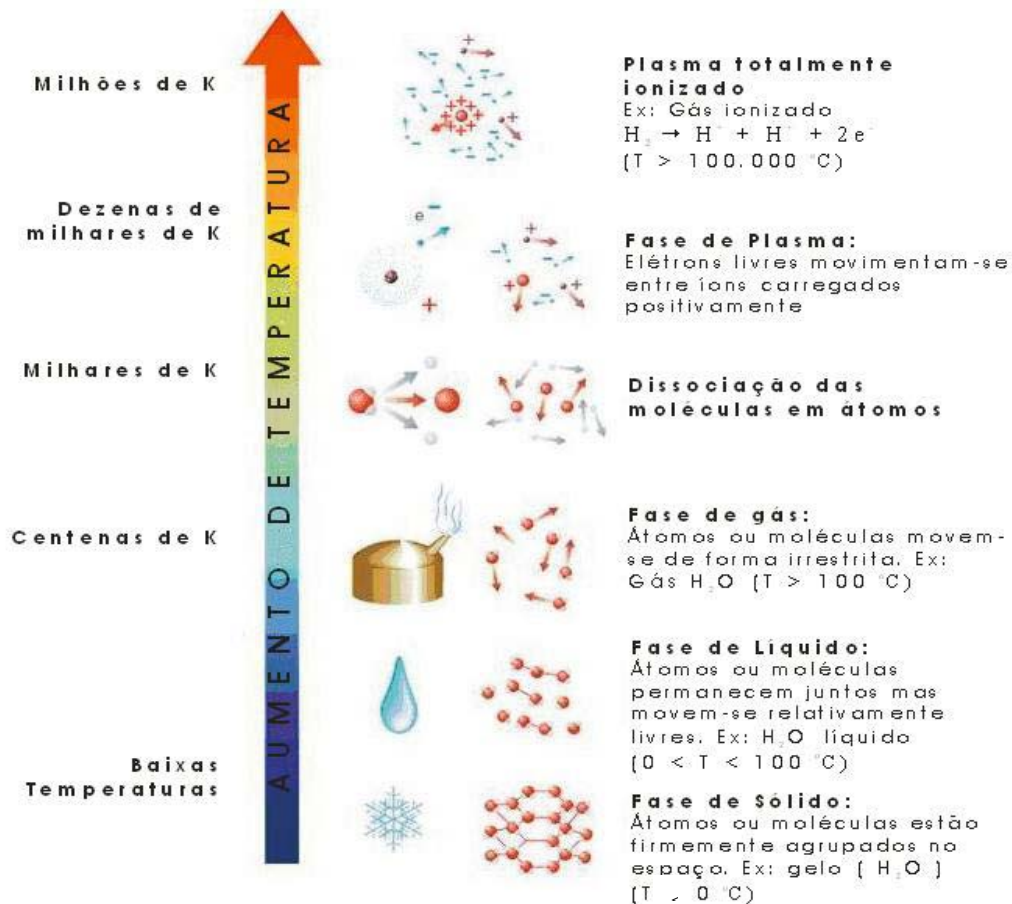
O plasma é o caso onde a temperatura é tão alta que não existem mais átomos, mas sim apenas uma sopa de íons, pois todos os elétrons, prótons e nêutrons foram arrancados de perto do núcleo de tão intensa que é a agitação molecular devida à temperatura. Apesar de ser difícil a produção de plasma na Terra devido à necessidade de compartimentos que resistam a temperaturas altíssimas, pesquisadores acreditam que 99% de toda a matéria existente no Universo esteja sob a forma de plasma.

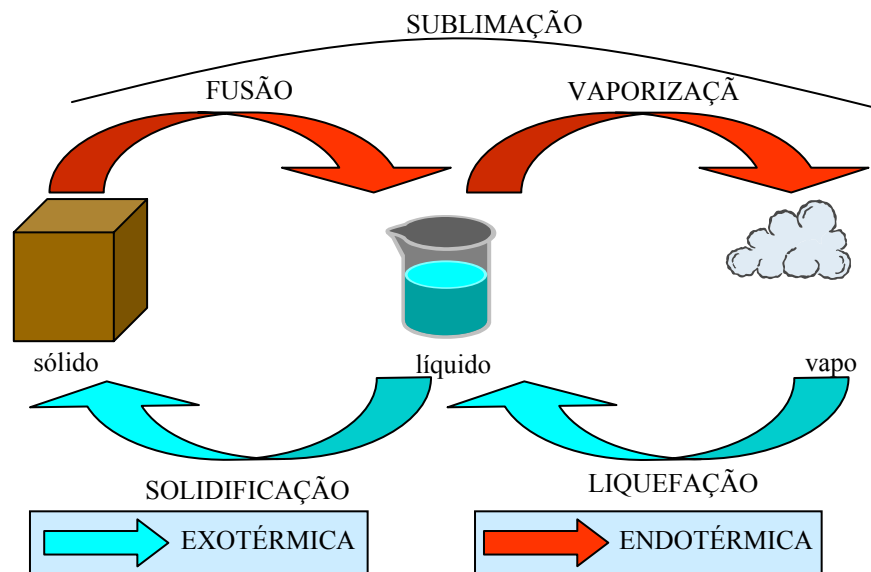


Fonte: Universidade de Brasília - <http://tritium.fis.unb.br/plasmas/plasma.htm>

O zero absoluto é apenas um estado teórico, já que a temperatura de zero kelvin é impossível de ser atingida. No entanto supõe-se que à temperatura de zero absoluto, não haveria movimento de prótons, elétrons ou nêutrons em torno de um núcleo.

A imagem a seguir expõe, de forma ilustrativa, os estados da matéria.





## 2. Temperatura, Calor, Trabalho e Energia

### Equilíbrio térmico

Dois corpos em contato físico, estão em equilíbrio térmico quando param de trocar energia, ou seja, quando o fluxo líquido de energia entre eles é nulo. Quando isso acontece, a temperatura dos dois corpos é a mesma.

### Lei Zero da Termodinâmica

Se dois corpos A e B estão em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C (o termômetro) , eles também estarão em equilíbrio térmico entre si.

### Medindo a Temperatura

Existem várias grandezas que variam as suas características quando varia a nossa percepção fisiológica de temperatura. Entre essas grandezas estão:

- ✓ o volume de um líquido;
- ✓ o comprimento de uma barra;
- ✓ a resistência elétrica de um material;
- ✓ o volume de um gás mantido a pressão constante.

### Dilatação térmica

Quando aumentamos a temperatura de um sólido ele se dilata. A dilatação térmica desse sólido está associada ao aumento da distância entre os átomos vizinhos que o compõe. Pode-se dizer que a força de interação elétrica entre esses átomos já não é suficiente para mantê-los tão próximos um dos outros devido a agitação térmica oriunda do aumento da temperatura.

Considerando-se que em uma temperatura inicial  $T_i$  um sólido tenha um comprimento  $L_0$ . Se aumentarmos a temperatura de  $\Delta T$ , esse sólido aumentará o seu comprimento de  $\Delta L$ . Para uma dada variação de temperatura pode-se entender que a dilatação do sólido  $\Delta L$  será proporcional ao seu comprimento inicial  $L_0$ . Para uma variação de temperatura suficientemente pequena, pode-se ainda inferir que a dilatação do sólido  $\Delta L$  também será proporcional ao aumento da temperatura  $\Delta T$ . Desse modo, podemos resumir, como:

$$\Delta L = \alpha L_0 \cdot \Delta T$$

onde a constante de proporcionalidade  $\alpha$  é chamada de coeficiente de dilatação linear do material considerado. Como

$$\Delta L = L - L_0$$

sendo  $L = L_0 (1 + \alpha \Delta T)$

Quando lidamos com dilatação volumétrica de sólidos, podemos usar um raciocínio similar e encontrar que:

$$V = V_0 (1 + 3 \alpha \Delta T)$$

## Calor

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre o calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível que “preencheria os poros” dos corpos e escoaria de um corpo mais quente a um mais frio.

Lavoisier chamou esta substância hipotética de “calórico”. A implicação era que o calor pode ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação de calor.

A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”.

A principal dificuldade estava na “lei de conservação do calórico”, pois a quantidade de calórico que podia ser “espremida para fora” de um corpo por atrito era ilimitada. Com efeito, em 1798, Rumford escreveu: “Foi por acaso que me vi levado a realizar as experiências que vou relatar agora...Estando ocupado ultimamente em supervisionar a perfuração de canhões nas oficinas do arsenal militar de Munique, chamou-me a atenção o elevado grau de aquecimento de um canhão de bronze, atingido em tempos muito curtos, durante o processo de perfuração. A fonte de calor gerado por atrito nestas experiências parece ser inesgotável ... e me parece extremamente difícil de conceber qualquer coisa capaz de ser produzida ou transmitida da forma como o calor o era nestas experiências, exceto o MOVIMENTO”.

Rumford foi levado a endossar a teoria alternativa de que “...o calor não passa de um movimento vibratório que tem lugar entre as partículas do corpo”.

## Calor e Trabalho

O Calor  $Q$  é energia em trânsito de um corpo para outro devido à diferença de temperatura entre eles.

Trabalho  $W$  é a energia que é transferida de um sistema para outro de tal modo que a diferença de temperaturas não esteja envolvida.

As grandezas  $Q$  e  $W$  não são características do estado de equilíbrio do sistema, mas sim dos processos termodinâmicos pelos quais o sistema passa quando vai de um estado de equilíbrio para outro. Desse modo, se um sistema vai de um estado de equilíbrio inicial para um outro estado de equilíbrio final, por dois caminhos diversos, para cada caminho ele terá um valor de  $Q$  e  $W$  específico.

$Q$  e  $W$  são definidos como:  $Q$  é o calor transferido para o sistema e  $W$  é o trabalho realizado pelo sistema.

Quando uma certa quantidade de calor é transmitida para um corpo, na maioria dos casos a sua temperatura cresce. A quantidade de calor necessária para aumentar de um certo valor a temperatura de uma substância, depende da quantidade dessa substância, e varia de acordo com a substância. Se foram necessários 3 minutos para ferver 1 litro de água, numa certa chama, serão necessários 6 minutos para ferver 2 litros de água na mesma chama.

Se no entanto formos aquecer 1 litro de azeite na mesma chama, será necessário um tempo maior que 3 minutos.

A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$  necessária para aquecer determinado material de  $\Delta T$  é chamada capacidade térmica, e é definida como:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

A capacidade térmica é uma característica de uma amostra de determinada substância. Outra amostra diferente dessa mesma substância terá uma capacidade térmica diferente.

Fica claro que são limitadas as vantagens dessa propriedade física, a capacidade térmica. Mas a partir dela, definiu-se uma outra propriedade chamada calor específico  $c$  que é uma característica de cada substância.

A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$  necessária para aquecer de  $\Delta T$  uma massa  $m$  de determinado material é chamada calor específico, e é definida como:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Como foi mencionado, calor é uma forma de energia e portanto a unidade de calor é a mesma de energia. Mas por razões históricas, ainda se usa como unidade de calor a *caloria* ou *cal*, que se define como a quantidade de calor necessária para aquecer 1g de água de 14,5°C até 15,5°C. Desse modo, a unidade do calor específico será *cal / g.°C*.

Uma substância altera a sua temperatura quando ela troca calor com a sua vizinhança. No entanto, existem algumas situações onde não acontece exatamente desse modo; um corpo pode absorver certa quantidade de calor e no entanto manter-se com a sua temperatura constante. Quando isso acontece, diz-se que o corpo passou por uma mudança de fase. Existe um exemplo corriqueiro: uma pedra de gelo numa temperatura de 0°C é retirada do congelado e colocada dentro de um copo na temperatura ambiente de 30°C. Esse material irá absorver calor da sua vizinhança e paulatinamente transformar-se-á em água a uma temperatura de 0°C. A propriedade física que define a quantidade de calor  $Q$

necessária para uma mudança de fase de uma massa  $m$  de determinada substância é chamada calor latente, e é definida como:

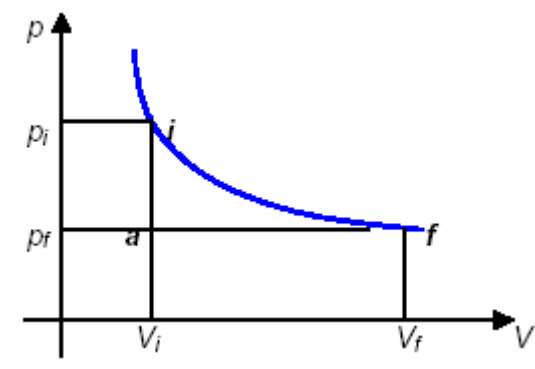
$$Q = m L$$

Quando estamos considerando a mudança do estado sólido para o estado líquido, chamamos de calor latente de fusão ( $L_F$ ) e quando estamos considerando a mudança do estado líquido para o estado gasoso, chamamos de calor latente de vaporização ( $L_V$ ). A unidade do calor latente é  $cal/g$ .

### 3. As Leis da Termodinâmica

#### A Primeira Lei da Termodinâmica

Quando um sistema termodinâmico vai de um estado inicial  $i$  para um estado final  $f$ , ele pode fazer este “caminho” através de vários “percursos”. Na figura a seguir estão ilustrados dois “percursos”: diretamente ao longo da curva - **(1)** ou passando pelo estado  $a$  - **(2)**. em cada percurso o trabalho executado pelo sistema tem um resultado diferente. Por outro lado, a troca do sistema com a sua vizinhança também é diferente em cada um dos dois percursos.



Define-se uma grandeza, chamada energia interna  $E$ , caracterizada pelos diversos tipos de energia possíveis de existir em uma substância, quando ela está em determinado estado.

A diferença de energia interna entre os estados inicial e final  $\Delta E_{Int} = E_F - E_I$  é uma grandeza de grande importância na termodinâmica, porque ela é independente do percurso usado para ir de um estado para o outro.

Sendo assim, pode-se definir a *Primeira Lei da Termodinâmica* como:

$$\Delta E_{Int} = Q - W$$

Ou seja, a diferença entre a quantidade de calor  $Q$  e o trabalho envolvido em um percurso, entre os estados inicial e final, depende apenas dos estados, e fornece o mesmo valor independente do percurso escolhido.

## Processos adiabáticos

É um processo em que não existe troca de calor entre o sistema e a sua vizinhança, ou seja: o sistema está muito bem isolado termicamente. Na Natureza existem processos que podemos aproximar como adiabáticos. São aqueles que ocorrem tão rapidamente que o sistema chega ao seu estado final antes que possa trocar calos com a vizinhança. Num processo adiabático,  $Q = 0$  e de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta E_{\text{Int}} = - W$$

## Processo Isométrico

É um processo onde não varia o volume do sistema. Como o trabalho depende da variação de volume, então, de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica:

$$\Delta E_{\text{Int}} = Q$$

## Processos cíclicos

Num processo cíclico o sistema passa por várias transformações, mas ao final do processo ele retorna ao estado inicial. Desse modo, temos que  $E_I = E_F$  e portanto não existe variação de energia interna, logo:

$$Q = W$$

## A Segunda lei da Termodinâmica

A primeira lei da termodinâmica incorpora ao princípio geral da conservação da energia o reconhecimento de que calor é uma forma de energia. Qualquer processo cuja energia total seja conservada é compatível com a primeira lei da termodinâmica.

No entanto, existem processos que só acontecem em um sentido: são os processos irreversíveis. A segunda lei da termodinâmica dá conta desta questão, assim como das possíveis maneiras de transformar calor em trabalho.

### Enunciado de Kelvin (2ª Lei da Termodinâmica)

É impossível realizar um processo cujo único efeito seja remover calor de um reservatório térmico e produzir uma quantidade equivalente de trabalho.

### Conseqüências do enunciado de Kelvin

- ✓ A geração de calor por atrito a partir de trabalho mecânico é irreversível.
- ✓ A expansão livre de um gás é um processo irreversível.
- ✓ A condução de calor, que se dá sempre do corpo mais quente para o mais frio, é um processo irreversível.

A 2ª Lei da Termodinâmica também pode ser expressa pelo Enunciado de Clausius:

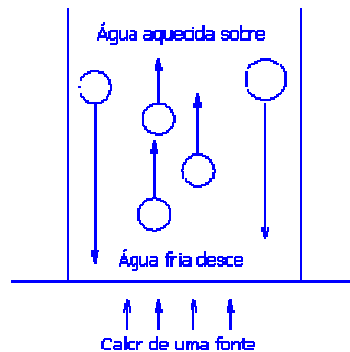
É impossível realizar um processo cujo único efeito seja transferir calor de um corpo mais frio para um corpo mais quente.

#### 4. Transferência de Calor

A transferência de calor de um ponto a outro, de um meio, se dá através de três processos diferentes: convecção, radiação e condução.

A convecção ocorre tipicamente num fluido, e se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido, que constitui uma corrente de convecção.

Um fluido aquecido localmente em geral diminui de densidade e por conseguinte tende a subir sob o efeito gravitacional, sendo substituído por um fluido mais frio, o que gera naturalmente correntes de convecção. O borbulhar da água fervente em uma panela é o resultado de correntes de convecção.



A radiação transfere calor de um ponto a outro através da radiação eletromagnética.

A radiação térmica é emitida de um corpo aquecido e ao ser absorvida por outro corpo pode aquecê-lo, convertendo-se em calor. O aquecimento solar é uma forma de aproveitamento da radiação solar para a produção de calor. Um ferro em brasa emite radiação térmica e aquece a região que o rodeia.

A condução de calor só pode acontecer através de um meio material, sem que haja movimento do próprio meio. Ocorre tanto em fluidos quanto em meios sólidos sob o efeito de diferenças de temperatura.

Quando se coloca uma panela com água no fogo, ele começa a aquecer a água. Este processo inicial de aquecimento se dá por condução de calor, e a parte na superfície da água vai sendo aquecida paulatinamente. No entanto a taxa de aquecimento da água no fundo da panela é maior do que a taxa de aquecimento da água na superfície. A água entre o fundo e a superfície não dá conta da condução do calor que é comunicado através do fogo. Começam a se formar no fundo bolsões de água mais quentes que a vizinhança, e esses bolsões começam a subir para a superfície. Nesse instante a convecção passa a ser o processo principal de condução de calor na panela. E isso acontece por causa da incapacidade da água conduzir calor de maneira adequada nesta panela sobre o fogo.

#### 5. Massa e de Energia

A relação entre massa e energia ( $E = mc^2$ ) apareceu num artigo publicado em 1905 por Einstein. Neste artigo, Einstein considerou a perda de energia por um corpo pela emissão de radiação eletromagnética, perda essa observada em dois referenciais inerciais e, como axiomas essenciais, considerou verdadeiros os princípios de conservação da energia e da quantidade de movimento (do qual



deriva a lei de conservação da massa), concluindo que se um corpo perde uma quantidade de energia  $E$  por emissão de radiação eletromagnética, sua massa diminui de uma quantidade  $E / c^2$ , sendo  $c$  a velocidade da luz no vácuo. Então, Einstein generalizou o argumento para todos os tipos de transferência de energia, concluindo que a massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo energético.

É claro que se a massa de um corpo é uma medida do seu conteúdo energético e se existe uma transferência de massa sempre que existe uma correspondente transferência de energia, o princípio de conservação da energia inevitavelmente acarreta a lei de conservação da massa.

Contudo, existe um engano largamente difundido sobre a interpretação dessa fórmula de Einstein. Ela é freqüentemente interpretada como significando que a massa e a energia podem ser convertidas uma na outra, ou seja, que uma parte da massa de um corpo pode desaparecer se no processo surgir uma certa quantidade de energia. Então, massa e energia seriam grandezas não conservadas. Isto não é verdade! Massa é a medida da inércia de um corpo. Energia é a capacidade de realizar trabalho.

O que Einstein mostrou e que está testado com grande precisão por um grande número de experimentos é que se um corpo ganha uma certa quantidade de energia  $E$ , sua massa (ou sua inércia) aumenta de uma quantidade equivalente a  $E / c^2$ . E inversamente, se um corpo perde uma certa quantidade de energia  $E$ , sua massa (ou sua inércia) fica diminuída de uma quantidade equivalente a  $E / c^2$ . Neste sentido, e apenas neste sentido, é conveniente dizer que massa e energia estão associadas ou que existe uma equivalência entre massa e energia.

## 6. A dinâmica

A dinâmica estuda a correlação entre os movimentos (efeitos) e as forças (causas que os produzem). O conceito geral de 'força' está associado ao agente físico, de características vetoriais, capaz de modificar a velocidade de um corpo (efeito dinâmico) ou produzir uma deformação no mesmo (efeito estático). Forças podem agir individualmente ou em conjunto; em conjunto caracterizam um 'sistema de forças'.

Há três princípios que fundamentam a dinâmica, conhecidos como Leis de Newton. O inglês Isaac Newton (1642-1727), nascido no natal do ano da morte de Galileu Galilei, foi o principal arquiteto da mecânica clássica. Ele conseguiu sintetizar as idéias de Galileu e de outros que o precederam, reunindo-as em três leis, publicadas pela primeira vez em 1686, no livro *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*.

As três leis são:

A) Princípio da Inércia (1ª Lei de Newton): “Todo corpo tende a permanecer em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que seja obrigado a mudá-lo por forças a ele aplicadas”. Ou seja, um corpo livre de ação de forças, ou com resultante de forças nula, conservará (por inércia) sua velocidade constante, concluindo-se que a aceleração é nula.

$$\vec{a} = 0 \dots \vec{v} = \text{cte. (equilíbrio)} \Leftrightarrow \begin{cases} |\vec{v}| = 0 \text{ (repouso)} \\ |\vec{v}| \neq 0 \text{ (M.R.U.)} \end{cases}$$

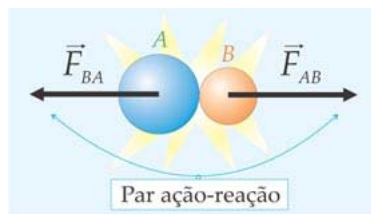
B) Princípio Fundamental (2ª Lei de Newton): “A resultante das forças que agem num corpo é igual ao produto de sua massa pela aceleração adquirida”.

$$F = m.a$$

Isso significa que, sendo a massa do corpo constante, a força resultante e a aceleração produzida possuem intensidades diretamente proporcionais. Ou seja, quanto mais intensa for a força resultante, maior será a aceleração adquirida pelo corpo.

No Sistema Internacional, se a massa tiver a unidade “kg” e a aceleração tiver a unidade “m/s<sup>2</sup>”, então a unidade da força será “kg. m/s<sup>2</sup>”, ou seja, a unidade é Newton (N).

C) Ação e Reação (3ª Lei de Newton): “Se um corpo A aplicar uma força sobre um corpo B, receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto à força que aplicou em B”.



A força que A exerce em B  $(\vec{F}_{BA})$  e a correspondente força que B exerce em A  $(\vec{F}_{AB})$  constituem o par ação-reação dessa interação de contato (colisão). Essas forças possuem mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Ou seja:

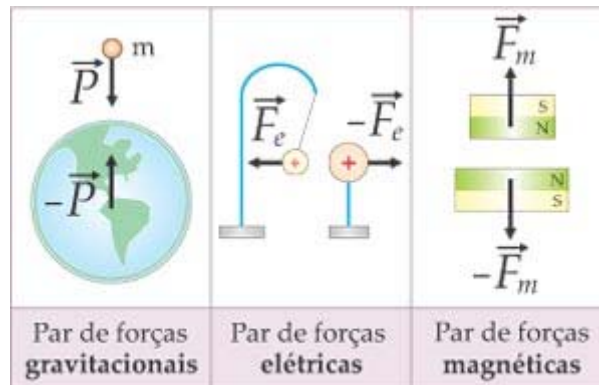
$$\vec{F}_{AB} = - \vec{F}_{BA}$$

Ao aplicar-se a terceira lei de Newton, não se pode esquecer que as forças de ação e reação:

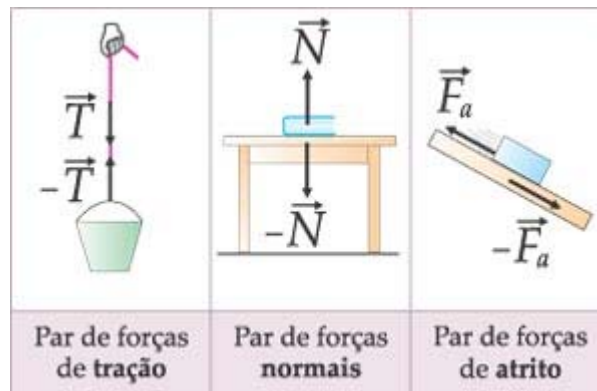
- a) estão associadas a uma única interação, ou seja, correspondem às forças trocadas entre apenas dois corpos;
- b) têm sempre a mesma natureza (ambas de contato ou ambas de campo), logo, possuem o mesmo nome (o nome da interação);
- c) atuam sempre em corpos diferentes, logo, não se equilibram.

A seguir os pares “ação-reação” de algumas interações básicas de campo e de contato são exemplificados.

### Interações de campo



### Interações de contato



## 7. Propriedades Físicas dos Materiais

A avaliação dos materiais empregados no processo logístico é de suma importância para subsidiar as análises referentes ao custo de produção, a necessidade de materiais alternativos, a resistência e a durabilidade das embalagens, ao isolamento térmico, elétrico ou químico, dos produtos transportados e armazenados, a segregação de cargas incompatíveis entre si e a adequação das atividades logísticas à legislações ambientais.

Na prática, os materiais utilizados são de quatro classes:

- ✓ Metais: são dúcteis (alta plasticidade), rígidos, tenazes (resistentes a trincas), encruáveis (endurecem por deformação), bons condutores de calor e de eletricidade, e ativos quimicamente.
  - Exemplos: aços (carbono, inox etc.), ferro fundido, alumínio, cobre (puro, latão e bronze), níquel, titânio, magnésio e zinco.
- ✓ Cerâmicos: têm alta rigidez e dureza, não são encruáveis, não são maleáveis, são quimicamente estáveis, têm alto ponto de fusão, são isolantes elétricos e não são bons condutores de calor.
  - Exemplos: rochas (granitos, mármore, arenito etc.), concreto (cimento + areia + brita), vidro etc..

- ✓ Poliméricos: têm baixa temperatura de fusão e de decomposição, são pouco rígidos, não são bons condutores de calor, são bons isolantes elétricos e têm boa resistência química.
  - Exemplos:
    - de baixa resistência: PVC (p-cloreto de vinila), polipropileno, poliestireno etc.;
    - de alta resistência: nylon, policarbonato etc..
    - fundidos: epóxi, poliéster, poliuretano, silicone etc..
    - elastômeros: neopreno, isopreno (borracha natural) etc..
- ✓ Compostos: concreto armado, fibra de vidro, isopor etc..

Nos projetos logísticos são utilizados vários equipamentos, embalagens e produtos que são compostos de materiais que podem ser avaliados por vários aspectos. São eles: econômico-financeiros, mecânicos, superficiais, de fabricação, físico-químicos, microestruturais, estéticos e ambientais.

No aspecto econômico-financeiro devem ser considerados o preço (custos, valor de mercado, incentivos fiscais etc.), a disponibilidade (existência de fornecedores, os materiais utilizados e as suas propriedades etc.) e a possibilidade de atualização tecnológica (necessidade de competitividade mercadológica e de manter-se informado sobre outras opções)

No aspecto mecânico devem-se inserir as avaliações de resistência dos materiais, incluindo-se as análises da dureza (resistência ao esforço sobre sua superfície), de escoamento (deformação sem aumento de tensão), de ruptura (carga suportada antes de se romper), de fadiga (redução da resistência por esforços cíclicos), de fluência (temperatura e tempo), de flexão (capacidade de dobrar-se ou curvar-se), de cisalhamento (deformação por forças cortantes), de desgaste etc.. Além dessas avaliações podem-se também considerar a rigidez (quanto o material deflete sob carga), a tenacidade (energia absorvida na propagação de trincas) e a ductilidade (capacidade de sofrer deformações plásticas).

Os aspectos relacionados com as superfícies consideram as análises de corrosão, fricção, desgaste, adesão, erosão etc..

Destacando-se a questão da corrosão, verifica-se que quando o material não é resistente, para uma determinada aplicação, pode ocorrer aumento do custo resultante de:

- ✓ Quebra de equipamentos;
- ✓ Substituição prematura;
- ✓ Necessidades de projetos superdimensionados;
- ✓ Paralisação inesperada do equipamento;
- ✓ Perda do produto, como por exemplo por vazamento;
- ✓ Perda da eficiência do processo.

A corrosão é um processo natural e resulta da inerente tendência dos metais de reverterem para sua forma mais estável, normalmente óxidos. A maioria dos metais são encontrados na natureza na forma de compostos estáveis como óxidos, sulfetos, silicatos etc.. denominados minérios. Durante o processo de extração e refino é adicionada uma quantidade de energia ao minério para extrair

o metal ou metais neles contidos. É esta mesma energia que possibilita o aparecimento de forças capazes de reverter o metal a sua forma primitiva de composto mais estável.

Nos quesitos de relacionados com a forma de fabricação devem analisar os materiais pelo tipo, ou seja, se foi usinado, soldado, colado, fundido etc..

Quanto às propriedades físico-químicas, devem-se avaliar as características elétricas (resistência e termoeletricidade), as magnéticas (permeabilidade e imantação), as óticas (cor, transparência, refração e absorção), as térmicas (condutância e expansão) e as de reatividade química.

Quanto os quesitos relacionados com a microestrutura, podem-se avaliar o tipo pela cristalização, pelos defeitos, pela solubilidade e pelo tratamento termomecânico.

A aparência pode ser analisada pela textura, pelo tato, pelo jeito e pela moda.

Quanto às questões ambientais, podem-se avaliar os materiais principalmente pelos impactos ambientais causados pela sua utilização direta, pelo descarte ou quando associados a outros materiais.

## 8. Bibliografia

Castro, Jaime Tupiassú Pinho, Fundamentos da Especificação e Seleção de Materiais para Uso em Projeto Mecânico, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-RIO, Disponível em <http://www.mec.puc-rio.br/~edcmm/revisao/MAT1/Mat1.ppt>, Capturado em 29/12/2005.

Castro, Jaime Tupiassú Pinho, Materiais Típicos, Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-RIO, Disponível em <http://www.mec.puc-rio.br/~edcmm/revisao/MAT2/Mat2.ppt>, Capturado em 29/12/2005.

Gauto, Marcelo Antunes, Mundo do Químico, Estados da Matéria, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Disponível em <http://www.mundodoquimico.hpg.ig.com.br/estados%20de%20matéria.htm>, Capturado em 29/12/2005.

Grupo de Ensino de Física, Massa e Energia, Universidade Federal de Santa Maria, Disponível em <http://www.ufsm.br/gef/TopEsp.htm>, Capturado em 03/01/2006.

Netto, Luiz Ferraz, Dinâmica, Universidade de São Paulo, Capturado em <http://www.feiradeciencias.com.br/sala05/index5.asp>, Capturado em 29/12/2005.  
POTIERJ, Dinâmica, Disponível em <http://www.fisica-potierj.pro.br/poligrafos/poligrafos.htm>, Capturado em 29/12/2005, Rio Grande do Sul, 2003.

Silva, Romero Tavares, Temperatura, Calor e Primeira Lei da Termodinâmica - sexta edição, Universidade Federal da Paraíba, Disponível em

[http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/notas\\_de\\_aula.htm](http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/notas_de_aula.htm), capturado em 02/01/2006, 2004.

Silva, Romero Tavares, Entropia e a Segunda Lei da Termodinâmica - sexta edição, Universidade Federal da Paraíba, Disponível em [http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/notas\\_de\\_aula.htm](http://www.fisica.ufpb.br/~romero/port/notas_de_aula.htm), capturado em 02/01/2006, 2005.