

**1. Quais são os pontos importantes para o estudo das propriedades mecânicas que podem alterar os resultados dos ensaios?**

Alguns pontos externos que podem alterar os resultados são: a temperatura na qual o ensaio é realizado, tempo que leva para o ensaio ser realizado, nível e tipo de solicitação mecânica aplicada no material, condições climáticas (pressão atmosférica, umidade), entre outras.

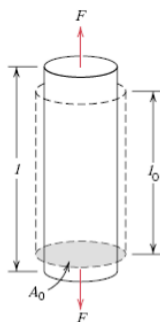
**2. Apresente as fórmulas utilizadas para o cálculo da tensão e da deformação de um material, inclusive as unidades, tanto para deformação linear como para deformação angular, indicando em quais casos ocorre cada uma dessas deformações.**

**Tensão**  $\rightarrow$   $\frac{\text{Força}}{\text{Área da seção transversal}}$

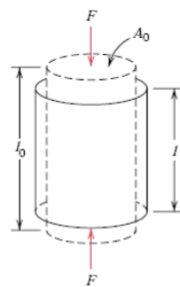
**Tensão** =  $\sigma$   $\sigma = \frac{F}{A}$   $Pa = \text{Pascal} = \frac{N}{m^2}$

**DEFORMAÇÃO**  $\Delta l = l - l_0$   $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$   $\rightarrow$  Adimensional

Solicitação em tração ou compressão



Tração



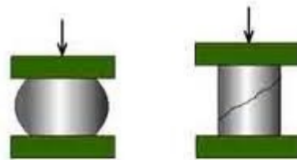
Compressão

Tensão é perpendicular à superfície de aplicação (tensão normal)

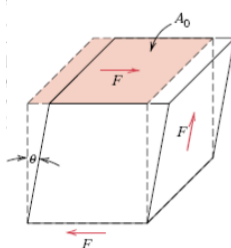
**Tensão:**

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

**Deformação: linear**

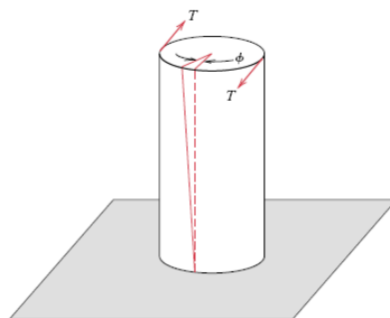


Tensão e deformação em cisalhamento



Cisalhamento

Tensão é paralela à superfície de aplicação



Torção

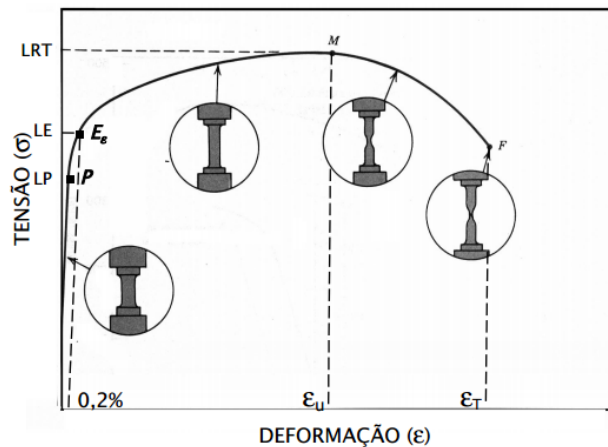
**Tensão:**

$$\tau = \frac{F}{A}$$

**Deformação:**

$$\gamma = \tan \theta$$

3. Mostre um esquema da curva resultante de um ensaio de tração, indicando e explicando os pontos importantes para a caracterização do material.



• O ponto P corresponde ao **LIMITE DE PROPORCIONALIDADE (LP)**; a deformação a partir do ponto P é *plástica*, e antes do ponto P é *elástica*.

- O ponto **E<sub>e</sub>** corresponde ao **LIMITE DE ELASTICIDADE (LE)**
- O ponto **M** corresponde ao **LIMITE DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (LRT)**, que é a tensão máxima atingida durante o ensaio.
- A deformação ( $\epsilon_u$ ) no ponto M corresponde ao máximo valor de  $\epsilon$  com *alongamento uniforme*. Deformações maiores que  $\epsilon_u$  ocorrem com *estricção (empescoçamento)*.
- A *fratura* ocorre no ponto F (**LIMITE DE RUPTURA**). A deformação ( $\epsilon_T$ ) na fratura corresponde ao *alongamento total*.

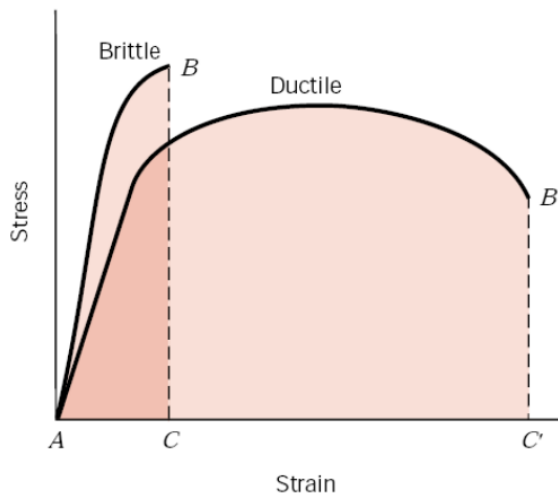
4. O que representa a Lei de Hooke? Ela é válida para que tipo de materiais? Existe algum parâmetro que influencia essa característica? Qual?

A Lei de Hooke está relacionada à elasticidade de corpos e também serve para calcular a deformação causada pela força que é exercida sobre um corpo. Pela lei de Hooke, estabelece-se uma relação linear entre tensões e deformações:  $s = E \cdot e$ , onde E é o módulo de elasticidade (Young). Válido para materiais perfeitamente elásticos. O módulo de Young ou módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido e influencia sua elasticidade.

5. Qual a característica da ductilidade, da resiliência e da tenacidade? Utilize gráficos para auxiliar na resposta.

### Ductilidade

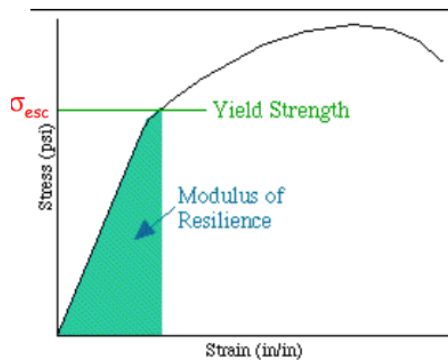
Medida do grau de deformação plástica que um material pode sofrer até o rompimento



Materiais que suportam **pouca** **deformação plástica** são chamados **frágeis**

Materiais que suportam **muita** **deformação plástica** são chamados **dúcteis**

### Resiliência



- Corresponde à capacidade de o material absorver energia quando ele é deformado elasticamente

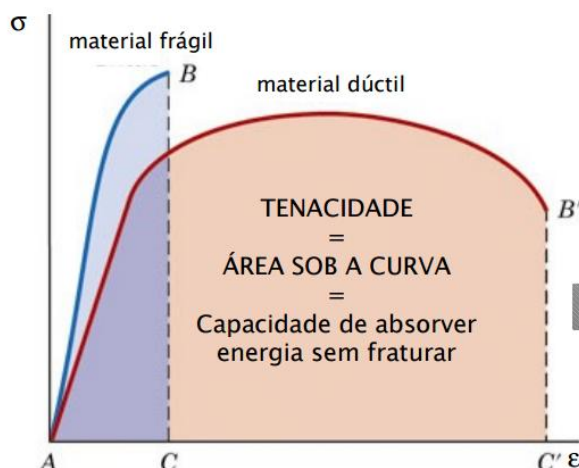
- Propriedade associada é dada pelo módulo de resiliência, que é a área abaixo da parte elástica da curva de tração

$$U_r = \sigma_y^2 / 2E$$

- Materiais resilientes são aqueles que têm alto limite de elasticidade (como os materiais utilizados para molas)

### Tenacidade

Capacidade que o material possui de absorver energia total por unidade de volume até atingir a ruptura.



Área ~ energia

## **6. Quais são as possibilidades de caracterização de um material através da dureza?**

Os materiais podem ser caracterizados com relação à dureza sendo classificados em níveis de mais ou menos duros, em tipos diferentes de medida de dureza, dependendo da maneira pela qual o ensaio é conduzido: (a) dureza ao riscamento; (b) dureza à indentação e, (c) dureza dinâmica ou por rebote. Somente a dureza por indentação, nos materiais metálicos, tem interesse significativo para a engenharia.

Dessa forma os materiais podem ser organizados em ordem crescente de dureza em diversas escalas como:

- Escala de Mohs quantifica a dureza dos minerais, isto é, a resistência que um determinado mineral oferece ao risco, ou seja, à retirada de partículas da sua superfície.
- Dureza Rockwell: diferença de profundidade entre um carregamento inicial e a carga especificada para cada escala.
- Dureza Brinell: Baseada na área da marca de indentação.
- Dureza Vickers: Baseada na área da marca de indentação.

## **7. O que indica a transição dúctil-frágil? Por que ela é importante no estudo das propriedades dos materiais?**

Transição abrupta de um comportamento frágil, em baixa temperatura, para um comportamento dúctil, em alta temperatura. Depende fortemente da geometria da amostra e do critério para sua definição  $\Rightarrow$  cuidado em projeto para que um material não sofra essa transição em operação. Permite comparar, entretanto, a fragilidade ou ductilidade relativa em solicitações de impacto através de um ensaio padronizado. Pode ser observada em: metais CCC e HC, polímeros e em cerâmicas (em temperaturas elevadas). Não se deve construir estruturas utilizando materiais que apresentem o comportamento de transição dúctil-frágil caso haja utilização em temperaturas abaixo da temperatura de transição  $T_c$ , para evitar fraturas frágeis e catastróficas.

## **8. Para materiais cerâmicos, como podem ser determinadas as propriedades mecânicas? Por quê?**

Através de Testes de flexão e Testes de compressão ao invés de Testes mecânicos em tração porque é difícil de prender o material em garras para tração sem fraturar o corpo de prova, é difícil de usinar no formato requerido para o teste e geralmente fratura a menos de 0,1 % de deformação; difícil de alinhar o corpo de prova.

## **9. Qual o principal mecanismo de deformação plástica dos materiais cristalinos? Como ele ocorre?**

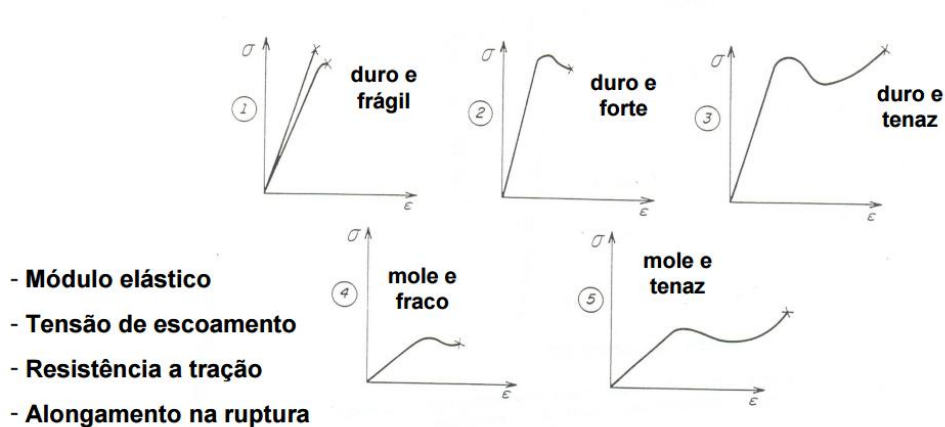
Nos materiais cristalinos o principal mecanismo de deformação plástica geralmente consiste no escorregamento de planos atômicos. Ele ocorre através da movimentação de discordâncias, onde a contínua aplicação da tensão levará à movimentação da discordância em etapas repetidas.

## 10. Quais são os mecanismos de aumento de resistência em materiais cristalinos?

- Redução no tamanho de grão: O Contorno de grão representa uma barreira ao movimento de discordância, ancorando o movimento das discordâncias.
- Solução sólida: São acrescentadas impurezas (Solução sólida substitucional Solução sólida intersticial), uma vez que metais puros são mais moles e com resistência inferior que as ligas. Os átomos de impurezas impõem deformações na rede cristalina sobre os átomos hospedeiros vizinhos e o movimento das discordâncias é restringido.
- Trabalho a frio ou encruamento: Fenômeno segundo o qual um metal dúctil se torna mais duro e mais resistente quando submetido a uma deformação plástica.

## 11. Para materiais poliméricos, quais as possibilidades de curvas tensão – deformação? Como é o mecanismo de deformação de polímeros? Quais os fatores que alteram as propriedades mecânicas dos polímeros?

### Característica da curva tensão-deformação para polímeros



Propriedades mecânicas de polímeros são **altamente** dependentes de vários fatores:

- Velocidade de ensaio
- Temperatura de ensaio
- Condições atmosféricas (ex.: umidade)
- História térmica do material (processamento)
- Cristalinidade
- Orientação

Os mecanismos de deformação dividem-se em: deformação elástica (processo reversível) e deformação plástica (processo irreversível).

**12. O que indica a capacidade calorífica e o calor específico? Como podem ser calculados? Quais são os parâmetros que influenciam essas propriedades?**

**CAPACIDADE CALORÍFICA:** Representa a quantidade de energia (J) necessária para produzir um aumento unitário ( $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$ ) na temperatura de um material.

**Equação de Fourier**

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{d(\text{energia})}{d(\text{temperatura})} [\text{J/mol.K}]$$

*C expressa em: J/mol.K ou cal/mol.K*

onde:

- C é a capacidade calorífica;
- dQ é a variação de energia;
- dT é a variação de temperatura.

**CAPACIDADE CALORÍFICA ESPECÍFICA (c):** é a capacidade calorífica por unidade de massa (J/kg.K ou cal/g.°C). Quantidade de calor necessária para elevar de 1 grau a temperatura de 1 unidade de massa da substância.

$$c = \frac{Q}{\Delta T \cdot m}$$

Q = Quantidade de calor

m = massa

c = calor específico

$\Delta t$  = variação de temperatura

São indicativos da habilidade de um material em absorver calor do meio externo.

**13. Quais são os coeficientes envolvidos com a expansão térmica? Explique.**

Os coeficientes envolvidos com a expansão térmica são:

- $\alpha_l$ : é o coeficiente de dilatação térmica linear, cuja unidade é o  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ , que depende da natureza do material que constitui o corpo.
- $\alpha_s$ : é o coeficiente de dilatação térmica superficial, cuja unidade é a mesma do coeficiente de dilatação térmica linear, e que também depende da natureza do material que constitui o corpo.
- $\alpha_v$ : é o coeficiente de dilatação térmica volumétrica, cuja unidade é a mesma do coeficiente de dilatação linear e superficial, e que também depende da natureza do material que constitui o corpo.

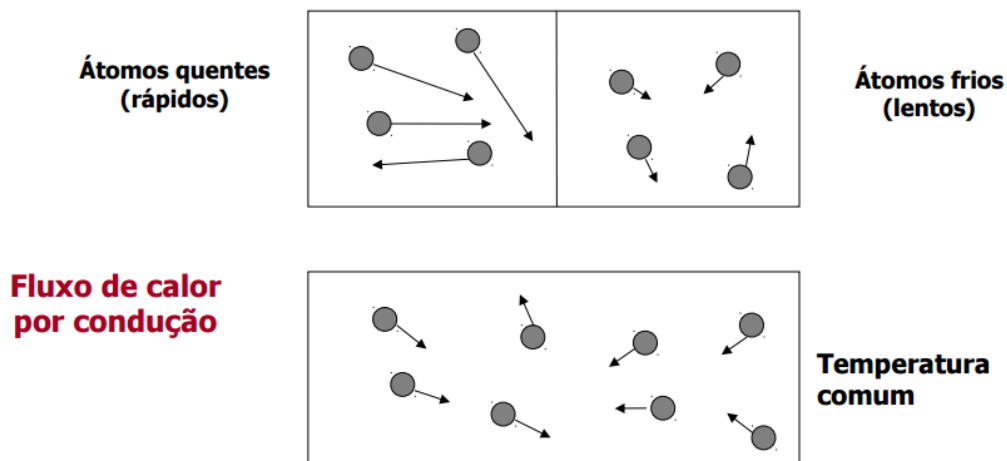
**14. O que é a condutividade térmica? Quais são as formas de transferência de calor?**

A condutividade térmica ( $\kappa$ ) quantifica a habilidade dos materiais de conduzir energia térmica (calor). Estruturas feitas com materiais de alta condutividade térmica conduzem energia térmica de forma mais rápida e eficiente que estruturas análogas feitas de materiais com baixa condutividade térmica. Desta maneira, materiais com alta condutividade térmica são utilizados em dissipadores térmicos e materiais de baixa condutividade térmica são utilizados na confecção de objetos que visam a prover isolamentos térmicos.

As formas de transferência de calor:

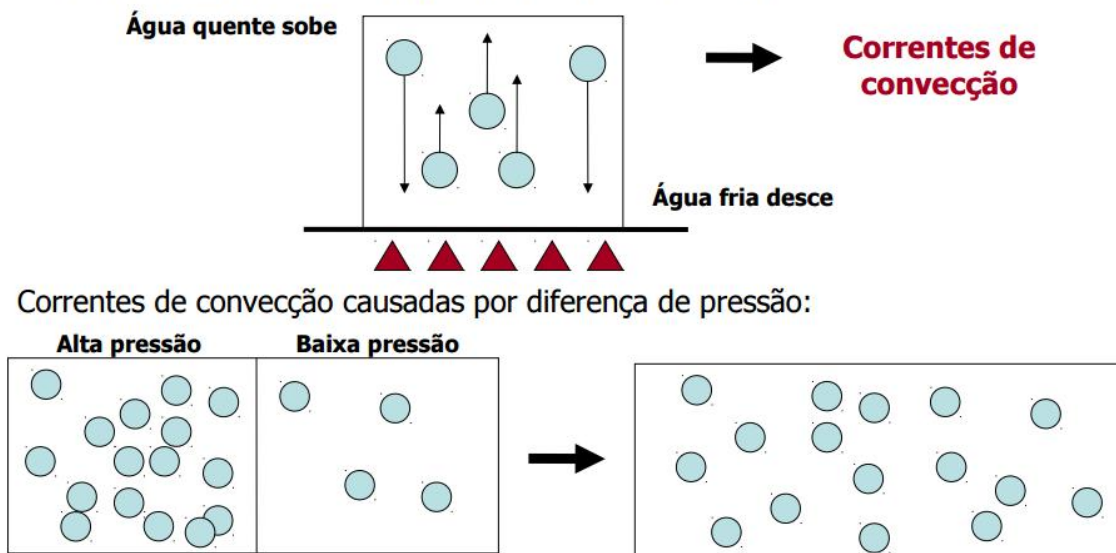
### 1) Condução

Transferência por colisões/choques entre componentes (átomos, moléculas, íons, elétrons, etc) com posterior transferência de energia cinética.



### 2) Convecção

Transferência devido a um movimento macroscópico, carregando partes da substância de uma região quente para uma região fria.



### 3) Radiação

Transferência por meio de ondas eletromagnéticas (não é necessário um meio material para propagação) que podem ser absorvidas.

- ✓ A quantidade de calor efetivamente transmitida através da radiação depende da temperatura do material irradiador.
- ✓ Em termos gerais, podemos dizer que a taxa de radiação de calor cresce com o aumento da temperatura do corpo.
- ✓ A taxa de radiação depende também da pigmentação.
- ✓ Objetos de cor escura são melhores absorvedores e irradiadores de calor.

Exemplos: Transferência de calor do Sol para a Terra através do espaço.



**15. Quais são os componentes da condutividade térmica e qual o nível de importância em metais, cerâmicas e polímeros?**

A condutividade térmica equivale numericamente à quantidade de calor  $Q$  transmitida por unidade de tempo através de um objeto com espessura  $L$  unitária, numa direção normal à área da superfície de sua seção reta  $A$ , também unitária, devido a uma variação de temperatura  $\Delta T$  unitária entre as extremidades longitudinais.

$$\frac{Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{L}$$



**Lei de Fourier**

**$Q/\Delta t$  – energia transferida como calor por segundos**

**$Q$  – fluxo de calor**

**$A$  – área da secção transversal**

**$k$  – condutividade térmica**

**$L$  – espessura**

O nível de importância do conhecimento da condutividade térmica é enorme quando se fala dos diferentes tipos de materiais. Saber como um material se comporta quando exposto a uma mudança de temperatura, ou se ele é ou não um bom condutor de calor é fundamental para a sua aplicação em diversos tipos de situações reais.

**19. O que indicam a resistividade e a condutividade de um material? Como podem ser calculadas?**

- Resistividade: é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica. Quanto mais baixa for a resistividade mais facilmente o material permite a passagem de uma carga elétrica.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$\rho$  = característica do material(resistividade).  
 $l$  = comprimento da amostra(em metros).  
 $A$  = área da seção da reta da amostra(em metros<sup>2</sup>)  
 $R$  = Resistência em ohms( $\Omega m$ )

- Condutividade: facilidade com a qual um material é capaz de conduzir uma corrente elétrica.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$\rho$  = característica do material(resistividade).  
 $\sigma$  = característica do material (condutividade).



## 20. Como se classificam os materiais em relação à condutividade? O que ocorre com as bandas de energia desses materiais?

Com base na sua condutividade, um material sólido pode ser classificado como:

- **Condutores:** são materiais caracterizados por sua última banda não totalmente preenchida (como Na, Al), ou ainda por apresentar sua última banda totalmente preenchida, mas com uma sobreposição com a banda seguinte (caso Mg).
- **Semicondutores:** Semicondutores são um caso particular de materiais isolantes, sendo a única diferença a magnitude da banda proibida de energia do seu diagrama de bandas. Se for menor ou até da ordem de 3 eV podemos classificá-lo como semicondutor, enquanto que se for maior que este valor o classificamos como isolante. À temperatura de 0 K, tanto o semicondutor como o próprio isolante serão ambos isolantes. Eles não poderão conduzir corrente elétrica, pois em ambos os casos, as bandas de valência encontram-se totalmente preenchidas. Aumentando-se a temperatura, acima de 0 K, de um material semicondutor, com largura da banda proibida reduzida, alguns poucos elétrons da banda de valência adquirem energia térmica da rede e poderão pular dos seus estados da banda de valência para estados vazios da banda de condução. Desta forma, passamos a uma condição em que os elétrons, tanto da banda de valência (banda não mais totalmente preenchida) como da banda de condução (apenas parcialmente preenchida), podem conduzir corrente elétrica. A condutividade será, no entanto bem reduzida, tendo em vista o número reduzido de elétrons na banda de condução, bem como uma banda de valência ainda quase preenchida. Esta situação, no entanto não ocorre em materiais isolantes que tenham largura da banda proibida de valor grande o suficiente, a não ser que elevemos muito a temperatura.
- **Isolantes:** Isolantes: são materiais que tem sua última banda, chamada de valência, totalmente preenchida, sem sobreposição com a banda de energia seguinte e, além disto, uma banda proibida de valor considerável. Uma banda proibida larga é necessária para que seja improvável um elétron da banda de valência adquirir energia e passar para a banda seguinte de condução.

## 21. Como pode ser calculada a condutividade elétrica de metais? O que é a mobilidade eletrônica? Como ela pode ser influenciada? Quais os fatores que compõem a resistividade elétrica de um metal?

**A condutividade elétrica dos metais pode ser representada pela equação**

$$\sigma = n |e| \mu$$

**$n$  = número de portadores de carga (elétrons) por unidade de volume**

**$|e|$  = magnitude da carga dos portadores ( $1,602 \times 10^{-19}$  C)**

**$\mu$  = mobilidade dos portadores de carga**

Mobilidade eletrônica é a habilidade dos elétrons de mover-se através de um meio em resposta a um campo elétrico que os está puxando. Ela é influenciada principalmente por mudanças no campo elétrico e também por impurezas, imperfeições, discordâncias, vacâncias, vibração térmica da rede cristalina, etc.

## RESISTIVIDADE

### Influência da Temperatura

$$\rho_t = \rho_0 + aT$$

### Influência de Impurezas

$$\rho_i = A c_i (1 - c_i)$$

Quando há existência de duas fases:

$$\rho_i = \rho_\alpha V_\alpha + \rho_\beta V_\beta$$

$$\rho_{\text{total}} = \rho_t + \rho_i + \rho_d$$

$\rho_t$  = influência da temperatura

$\rho_i$  = influência de impurezas

$\rho_d$  = influência do deformação



Fatores que influenciam no espalhamento/imperfeições

22. Qual a classificação dos semicondutores e como podem ser calculadas as condutividades? E para os materiais cerâmicos iônicos?

Semicondutores podem ser classificados em:

**INTRÍNSECOS:** São aqueles cujo comportamento elétrico depende basicamente da estrutura eletrônica do material puro. Sua condutividade elétrica geralmente é pequena e varia muito com a temperatura.

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA – SEMICONDUCTORES INTRÍNSECOS

$$\sigma = n |e| (\mu_e + \mu_b) .$$

**n** = número de elétrons livres por unidade de volume;

**p** = número de buracos eletrônicos por unidade de volume;

**|e|** = magnitude da carga dos portadores ( $1,6 \times 10^{-19}$  C);

**$\mu_e$**  = mobilidade dos elétrons livres;

**$\mu_b$**  = mobilidade dos buracos eletrônicos.

**EXTRÍNSECOS:** são aqueles cujo comportamento elétrico depende fortemente do tipo e da concentração dos átomos de impurezas. A adição de impurezas para a moldagem do comportamento elétrico dos semicondutores é chamada de DOPAGEM. Depende da colocação intencional de uma impureza (dopante) que promove o acréscimo ou de um buraco (p) ou de um elétron livre (n).

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA – SEMICONDUTORES EXTRÍNSECOS

Para *semicondutores do tipo n*, os elétrons livres são os principais portadores de corrente, isto é,  $n \gg p$ . Portanto,

$$\sigma \approx n |e| \mu_e.$$

Para *semicondutores tipo p*, os buracos eletrônicos são os principais portadores de corrente, isto é,  $p \gg n$ . Portanto,

$$\sigma \approx p |e| \mu_b.$$

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA – CERÂMICAS IÔNICAS

✓ Em materiais iônicos:

- ✓ cargas devido à presença de ânions e cátions
- ✓ possibilidade de migração / difusão na presença de campo elétrico
- ✓ difusão de ânions e cátions em sentidos opostos

$$\sigma_{\text{total}} = \sigma_{\text{eletrônica}} + \sigma_{\text{iônica}}$$

### 23. O que é um campo magnético e o que representam as linhas de força?

**CAMPOS MAGNÉTICOS:** são produzidos por cargas elétricas em movimento. Assim, uma corrente elétrica em um condutor gera um campo magnético. Campos magnéticos também podem ser produzidos por magnetos permanentes (ímãs). Neste caso, é o movimento dos elétrons (spin e orbital) dos átomos que compõem o magneto o responsável pelo campo magnético.

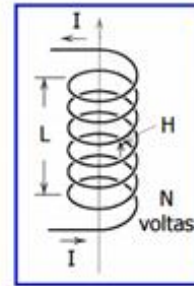
**LINHAS DE FORÇA:** são utilizadas para representar o campo magnético. Para cada ponto do espaço, a reta tangente à linha de força fornece a direção do campo naquele ponto. A intensidade do campo se correlaciona com o número de linhas de força que atravessam uma área unitária na direção perpendicular à definida pelas linhas de força.

24. Como pode ser calculada a intensidade de um campo magnético? Como a indução magnética está relacionada com essa grandeza? O que indica a magnetização de um material?

### CAMPO MAGNÉTICO

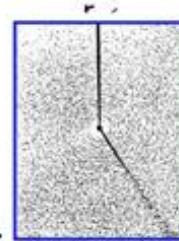
- Quando uma corrente elétrica constante  $I$  flui em uma **bobina** formada por  $N$  espiras proximamente espaçadas ao longo de um comprimento  $L$ , um campo magnético  $H$ , aproximadamente constante, é gerado na região central da bobina. A intensidade de  $H$  é

$$H = NI / L \quad (\text{A/m})$$

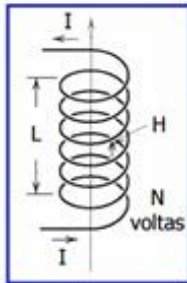


- A intensidade do campo magnético  $H$  criado por um **fio retilíneo** longo e que conduz uma corrente elétrica  $I$  vale

$$H = I / 2 \pi r$$



onde  $r$  é a distância radial em relação ao eixo definido pelo fio.

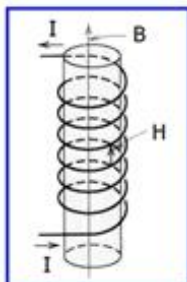


- A **INDUÇÃO MAGNÉTICA** ou **DENSIDADE DO FLUXO MAGNÉTICO** representa a intensidade do campo no interior de um material sujeito a um campo magnético externo.

- A indução magnética  $B_0$  no vácuo é

$$B_0 = \mu_0 H \quad (\text{T ou Wb/m}^2 = \text{V/s.m}^2)$$

onde  $\mu_0$  é a **PERMEABILIDADE MAGNÉTICA DO VÁCUO** e vale  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$  (ou  $\text{Wb/A.m}$ ).



A indução magnética  $B$  no interior de um material sólido vale:

$$B = \mu H \quad (1)$$

sendo  $\mu$  a **PERMEABILIDADE MAGNÉTICA DO MATERIAL**.

- Definimos a **PERMEABILIDADE RELATIVA DO MATERIAL** como

$$\mu_r = \mu / \mu_0 \quad (2)$$

- A **MAGNETIZAÇÃO  $M$**  de um material indica como o material responde a um campo magnético externo. Por definição, a magnetização é

$$B = \mu_0 H + \mu_0 M = B_0 + \mu_0 M \quad (3)$$

Assim,  $M$  é o campo magnético que leva em conta desvios no valor da indução magnética, em relação ao seu valor no vácuo, originados pela presença de um meio material.

- A magnetização se correlaciona com o campo magnético por meio da relação

$$M = \chi_m H \quad (4)$$

onde  $\chi_m$  é a **SUSCEPTIBILIDADE MAGNÉTICA** do material.

- Combinando as equações (1) a (4) obtemos

$$\chi_m = \mu_r - 1$$

**25. Como são classificados os materiais magnéticos? Apresente as características de cada um deles.**

Materiais diamagnéticos (Ex. Zn Cd Cu, Ag, Sn):

- O campo de magnetização opõe-se ao campo aplicado e desaparece quando se retira o campo aplicado
- Surge apenas quando o campo magnético é aplicado
- Manifesta-se no sentido oposto ao do campo (repulsão)
- Magnetismo fraco

Materiais paramagnéticos (ex. Al, Ca, Pt, Ti):

- O campo de magnetização desaparece quando se retira o campo aplicado
- Magnetização causada pelo alinhamento de momentos magnéticos inicialmente orientados aleatoriamente
- Os momentos são alinhados no sentido do campo (atração)
- Magnetismo fraco

Materiais ferromagnéticos (o Fe, o Ni e o Co):

- Apresentam momentos magnéticos permanentes, mesmo sem a aplicação de campo magnético externo
- Manifestam magnetizações grandes e permanentes
- Em geral são metais de transição ou terras raras com elétrons desemparelhados
- Apresentam temperatura crítica (temperatura de Curie  $\theta_c$ ), acima da qual perdem o ferromagnetismo e tornam-se paramagnéticos.

Materiais ferrimagnéticos (ferritas, magnetitas, em geral óxidos metálicos):

- Os íons têm dipolos magnéticos de intensidade diferente, logo existe sempre um momento resultante
- Magnetização permanente de materiais cerâmicos
- Ocorre nos materiais chamados ferritas  $MFe_2O_4$  com a presença de  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$  na estrutura

**26. O que são domínios magnéticos? Como ocorre a histerese? Como os materiais podem ser classificados em relação à histerese?**

Domínios magnéticos são regiões de pequenos volumes onde existe um alinhamento mútuo no mesmo sentido de todos os momentos de dipolo magnético.

Quando o campo magnético  $B$  (Tesla) aplicado num material ferromagnético for aumentado até a saturação e em seguida for diminuído, a densidade de fluxo não diminui tão rapidamente quanto o campo  $H$  (a curva de magnetização não retorna seguindo seu trajeto original.). Dessa forma quando  $H$  chega à zero, ainda existe uma densidade de fluxo remanescente ( $B$  se defasa em relação a  $H$ , ou diminui a uma taxa mais baixa). Esse fenômeno que causa o atraso entre densidade de fluxo e campo magnético é chamado de histerese magnética.

Os materiais ferromagnéticos são classificados como *macios* ou *duros* com base em suas características de histerese.

Material magnético mole:

- Fácil de ser magnetizado ou desmagnetizado
- Uma alta magnetização de saturação é produzida por um valor de campo aplicado pequeno
- A área do ciclo de histerese e a perda de energia são pequenas
- Material opera na presença de campo magnético: geradores, motores elétricos e transformadores

Material magnético duro:

- O material permanece magnético ou é um magneto permanente
- Apresentam um ciclo de histerese grande e possuem resistência à desmagnetização
- Materiais utilizados em refrigeradores e fones de ouvido