

1. Um esmalte cerâmico deve ser aplicado na superfície de uma peça de aço 1020. O material cerâmico apresenta as seguintes propriedades mecânicas: resistência à ruptura de 4000 psi; módulo de Young (também chamado de módulo de elasticidade) de $15,0 \times 10^6$ psi. Sabendo-se que os coeficientes lineares de expansão térmica do esmalte e do aço são respectivamente $10,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e de $12,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, indique qual é a máxima variação de temperatura à qual a peça esmaltada pode se submetida sem risco de que o esmalte trinque.

$$\text{Dados: } (L_f - L_0) / L_0 = \alpha_L (T_f - T_0) \quad \text{e} \quad \sigma = E\varepsilon$$

2. Deseja-se produzir, por fundição, placas de um dado metal de forma retangular, que possuam dimensões a 25°C de 25cm x 25cm x 3cm. Quais deveriam ser as dimensões do molde para a produção dessas peças?

$$\text{Dados: Temperatura de fusão do metal} = 660^\circ\text{C}; \quad \alpha_L \text{ para o metal} = 25,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{e } (L_f - L_0) / L_0 = \alpha_L (T_f - T_0)$$

3. Trilhos de ferrovia que tem um comprimento-padrão de 10m (comprimento medido a 20°C) e que são fabricados em aço 1025 devem ser posicionados numa dada região durante o período do ano em que a temperatura média é de 20°C .

- a) Se inicialmente os trilhos forem posicionados com um espaçamento entre eles igual a 4,5mm, qual será a temperatura mais elevada possível que pode ser tolerada sem que haja a introdução de tensões térmicas?
- b) Se um espaçamento máximo de 7,5mm for tolerado entre os trilhos, qual é a temperatura ambiente mínima que pode ser atingida sem que possam ocorrer problemas em relação aos trilhos?

$$\text{Dados: } \alpha_L \text{ para o aço 1025} = 12,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}; \quad \text{Equação: } (L_f - L_0) / L_0 = \alpha_L (T_f - T_0)$$

4. Um material semiconductor apresenta uma barreira de energia entre a banda de valência e a banda de condução de 2,26 eV. A qual gama de comprimentos de onda de luz visível esse material é transparente?

$$\text{Dados: } E = hc / \lambda; \quad \text{velocidade da luz} = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}; \quad \text{constante de Planck } h = 4,13 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$$

5. Explique os seguintes comportamentos ópticos dos materiais:

- a) A luz não atravessa uma chapa metálica, mas atravessa uma placa de vidro comum (sodo-cálcico) de mesma espessura.
- b) O silício não é transparente à luz visível, mas é transparente à radiação infravermelha.
- c) O poliestireno totalmente amorfo é mais transparente à luz visível que o poliestireno parcialmente cristalino.
- d) Um cristal de alumina (safira) de 2 mm de espessura é transparente à luz visível, enquanto um substrato de circuito eletrônico de alumina com a mesma espessura é opaco.
- e) O ouro tem cor amarelada e a prata tem cor esbranquiçada.

1. Como o esmalte está perfeitamente aderido ao metal, ele não pode sofrer livremente variações dimensionais ao ser aquecido – ele será submetido à uma tensão no aquecimento. No aquecimento, tanto o esmalte, quanto o metal, dilatam – e o coeficiente de dilatação térmica do metal é maior do que o coeficiente de dilatação térmica do esmalte. Em outras palavras, como o metal dilata mais do que o esmalte num mesmo intervalo de temperatura, o esmalte será submetido a uma tensão que, por simplificação, será considerado como sendo de tração.

Essa tensão é dada pela fórmula já conhecida da aula de comportamento mecânico:

$$\sigma = E \varepsilon$$

onde:

σ = tensão

E = módulo de elasticidade (módulo de Young)

ε = deformação

A deformação ε da fórmula acima é a variação dimensional que será causada pela dilatação térmica do esmalte. Essa deformação pode ser encontrada:

$$\frac{(L_0 - L_F)}{L_0} = \varepsilon = \alpha_L (T_0 - T_F)$$

onde:

T_0 = temperatura de fusão do metal = 660°C

T_F = temperatura final de resfriamento = 25°C

L_0 = dimensão inicial, em cm, que é o que se deseja calcular

L_F = dimensão final, em cm

α_L = coeficiente linear de expansão térmica, em °C⁻¹

O coeficiente de expansão térmica α_L a ser utilizado na resolução do exercício, no entanto, não é o coeficiente de expansão do esmalte: não se deve esquecer que tanto o esmalte, quando o substrato metálico, dilatam com o aquecimento. Dessa forma, o coeficiente de expansão térmica resultante é a diferença entre os dois:

$$\alpha_L = [12 \times 10^{-6}]_{\text{metal}} - [10 \times 10^{-6}]_{\text{esmalte}} = 2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Substituindo a equação de ε devido à expansão térmica na equação da tensão, e chamando a diferença de temperatura de ΔT , temos :

$$\sigma = E \alpha_L \Delta T$$

O que desejamos saber é qual a máxima variação de temperatura à qual a peça esmaltada pode se submetida sem que o esmalte trinque – ou seja, queremos saber qual é o valor de ΔT que pode ser atingido na equação acima para que σ seja igual ao limite de ruptura, dado no exercício:

$$\sigma = 4000 = E \alpha_L \Delta T = (15 \times 10^6) (2 \times 10^{-6}) \Delta T$$

$$\Delta T = 133^\circ \text{C}$$

2. Para produzir a peça com as dimensões desejadas, o molde deve ter dimensões maiores do que a dimensão final da peça, uma vez que ela contrairá durante o resfriamento.

A equação utilizada para a resolução do problema é a dada abaixo, que relaciona a variação de comprimento de um sólido com a respectiva variação de temperatura:

$$\frac{(L_0 - L_F)}{L_0} = \alpha_L (T_0 - T_F)$$

onde:

T_0 = temperatura de fusão do metal = 660°C

T_F = temperatura final de resfriamento = 25°C

L_0 = dimensão inicial, em cm, que é o que se deseja calcular

L_F = dimensão final, em cm

α_L = coeficiente linear de expansão térmica, em °C⁻¹

Assim, tanto para o comprimento, quanto para a largura, que tem ambos o mesmo valor (25 cm), temos:

$$(L_0 - 25) = (25 \times 10^{-6}) L_0 (660 - 25) \quad (I)$$

Resolvendo a equação (I), chega-se a um valor de L_0 igual a 25,4 cm.

Repetindo o mesmo procedimento para a espessura, que vale 3 cm, temos:

$$(L_0 - 3) = (25 \times 10^{-6}) L_0 (660 - 25) \quad (II)$$

Resolvendo a equação (II), chega-se a um valor de L_0 igual a 3,05 cm.

Resposta : Deve-se ter um molde de 25,4 cm x 25,4 cm x 3,05 cm para ser empregado na fundição de peças do metal desejado, que tenham a 25°C dimensões de 25 cm x 25 cm x 3 cm.

3.

Inicialmente, os trilhos foram assentados com uma **separação entre eles de 4,5mm**. Esse trabalho foi feito **a 20°C**, e nessa temperatura o **comprimento medido dos trilhos é de 10m**.

<p>3a</p> <p>Se a temperatura ambiente aumentar, os trilhos irão dilatar. A T_f a dilatação deve ser igual a 4,5 mm</p>	<p>3b</p> <p>Se a temperatura ambiente diminuir, os trilhos irão contrair. O limite máximo de separação admitido entre os trilhos é de 7,5mm, ou seja, a contração máxima admissível é de 3,0mm.</p>
<ul style="list-style-type: none"> $L_f = 10000 + 4,5 = 10004,5$ mm $L_0 = 10000$ mm $T_0 = 20^\circ\text{C}$ α_L para o aço 1025 = $12,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $\frac{(L_f - L_0)}{L_0} = \alpha_L (T_f - T_0)$ <p>$T_f = 57,5^\circ\text{C}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> $L_f = 10000 - 3,0 = 9997$ mm $L_0 = 10000$ mm $T_0 = 20^\circ\text{C}$ e α_L para o aço 1025 = $12,0 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ <p>$T_f = - 5,0^\circ\text{C}$</p>

4. Semicondutor com $E_{\text{gap}} = 2,26 \text{ eV}$ é transparente em que faixa de radiação eletromagnética visível?

A radiação visível é uma região do espectro eletromagnético na faixa do violeta ao vermelho.



$$E = hc / \lambda$$

onde E é a energia dada em eV; h é a constante de Planck ($= 4,13 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$), c é a velocidade da luz no vácuo ($= 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$) e λ é o comprimento de onda em m ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).

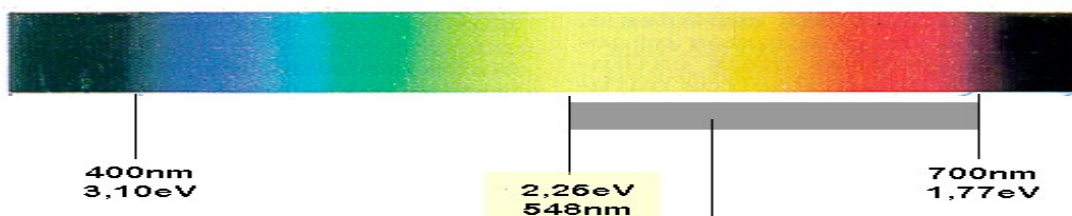
Para $E_{\text{gap}} = 2,26 \text{ eV}$ corresponde $\lambda = 548 \text{ nm}$.

Se a radiação tiver um **comprimento de onda menor que 548nm** (portanto, uma **energia maior que 2,26eV**), será capaz de fazer um elétron “saltar” da banda de valência para a banda de condução, sendo, portanto, **absorvida pelo material** (o material, dessa forma, não deixa passar nenhuma radiação com energia superior a 2,26eV, sendo opaco a esses comprimentos de onda).

Interação da luz com os materiais

Metais são opacos e altamente reflexivos (refletividade de 0,90 a 0,95) porque a radiação incidente apresenta penetração inferior a $0,1 \mu\text{m}$ e em toda a faixa, desde ondas de rádio a metade da radiação ultravioleta, é suficiente para excitar os elétrons da banda de valência, sendo apenas transparentes aos raios X e γ . Quando toda a faixa da luz visível é refletida com igual eficiência o metal apresenta-se prateado e brilhante. Os metais amarelados e avermelhados não reemitem os comprimentos de onda menores.

Não-metais puros monofásicos, devido à estrutura de bandas, podem ser transparentes (ou opacos) a luz visível, ocorrendo além da absorção e reflexão, a refração e a transmissão. A absorção ocorre pela excitação de elétron da banda de valência para a banda de condução quando a energia de excitação envolvida é maior que o espaçamento entre bandas, isto é: $E_{\text{exc}} > E_{\text{gap}}$. Quando $E_{\text{gap}} > 3,1 \text{ eV}$, não ocorrerá a absorção da luz visível e apresentam-se transparentes e incolores. Em contraste, para $E_{\text{gap}} < 1,77 \text{ eV}$, toda radiação visível será absorvida e apresentam-se opacos à luz visível. Por outro lado, aqueles com E_{gap} na faixa 1,77-3,1 eV são transparentes e coloridos.



o material será transparente a essa gama de comprimentos de onda, uma vez que a radiação não tem energia suficiente para excitar um elétron através do "gap"

5.**5a**

Os elétrons do metal absorvem os fótons de luz visível (todos os comprimentos de onda da luz visível) e são dessa forma excitados, passando para níveis energéticos não preenchidos na banda de valência ou para a banda de condução (que, em alguns metais, pode apresentar uma sobreposição com a banda de valência). Dessa forma, **todos os fótons de luz visível são absorvidos, e o metal é opaco.** Em seguida, muitos desses fótons podem ser re-emitidos, quando os elétrons excitados voltam para a banda de valência, e isso resulta no brilho dos metais. No caso dos **vidros, não existem níveis energéticos não preenchidos que possam receber elétrons excitados pelos fótons com as energias correspondentes à luz visível.** Assim sendo, não há excitação de elétrons, os fótons incidentes não são absorvidos (são transmitidos) e o **material é transparente.**

5b

Os fótons com comprimentos de onda correspondentes à faixa de luz infravermelha têm uma **energia menor que a do poço de energia do silício.** Em consequência disso, **não são absorvidos (são transmitidos).** Os fótons com comprimento de onda correspondentes à faixa da luz visível têm **energia maior que a do poço de energia do silício.** Por isso, **são absorvidos e posteriormente re-emitidos.**

5c

Nos **contornos entre as regiões cristalina e amorfa** ocorre intenso **espalhamento da luz.** Portanto, no material parcialmente cristalino a **transmitância é muito pequena.**

5d

Os contornos de grãos, poros e outros defeitos **espalham a luz.** A estrutura cristalina hexagonal da alumina e sua acentuada **anisotropia óptica** também contribuem para a **menor transmitância da alumina policristalina.**

5e

O espectro de absorção depende do comprimento de onda da radiação incidente e é uma característica do material. **A cor de um metal é o resultado da combinação dos comprimentos de onda refletidos.** O **ouro absorve** de forma mais eficiente os comprimentos de **onda mais curtos** (violeta, azul e verde) do espectro da luz visível e reflete os mais longos (amarelo, alaranjado e vermelho), o que resulta na sua cor característica. **A prata reflete igualmente bem todo o espectro visível, o que resulta na sua cor esbranquiçada**