

Aula 08

*Termometria, calorimetria e
dilatação térmica.*

Prof. Vinícius Fulconi

Sumário

Apresentação	5
1- Termologia	7
2 – Conceitos iniciais.....	7
1 – Temperatura.....	7
2 – Equilíbrio térmico	8
3 – Medidores de temperatura	8
4 – Escalas termométricas	9
5 – Pontos fixos fundamentais	10
3 – Principais escalas termométricas.....	11
1 – Escala Celsius.....	11
1.1 Ponto de gelo.....	11
1.2 Ponto de vapor	11
1.3 Razão de escala.....	11
2 – Escala Fahrenheit	12
2.1 Ponto de gelo.....	12
2.2 Ponto de vapor	12
2.3 Razão de escala.....	12
3 – Escala Réaumur	13
3.1 Ponto de gelo.....	13
3.2 Ponto de vapor	13
3.3 Razão de escala.....	13
4 – Zero absoluto.....	14
5 – Escala Kelvin	15
5.1 Ponto de gelo.....	16
5.2 Ponto de vapor	16
5.3 Razão de escala.....	16
6 – Escalas absolutas.....	16
4 – Conversão entre escalas termométricas	18
5 – Introdução ao calor	21
1 – Capacidade térmica e calor específico	21



2 – Calor sensível	22
3 – Sistema termicamente isolado	23
4 – Equivalente em água	24
5 – Mudanças de estado físico	25
6 – Calor latente	25
7 – Leis da fusão/ebulição e transformações.....	28
Agora, veremos as principais transformações da matéria!	28
7.1 Fusão.....	28
• A fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido.	28
7.2 Solidificação	28
7.3 Condensação	29
8 – Ebulição, Evaporação e calefação	29
8.1 Ebulição	30
8.2 Evaporação	30
8.3 Calefação	30
9 - Sublimação	31
6 – Diagramas de fase	32
1 – Curva de fusão	33
1.1 Substâncias que tem seu volume molar aumentado com a fusão.	33
1.2 Substâncias que tem seu volume molar diminuído com a fusão.	34
1.3 Pressão e temperatura na fusão do gelo	34
2 – Curva de vaporização	36
3 – Curva de sublimação	36
4 – Diagramas de estado	37
7 – Dilatação térmica dos sólidos	39
1 - Introdução	39
2 – Dilatação linear	39
3 – Dilatação superficial	40
3 – Dilatação Volumétrica.....	41
8 – Dilatação térmica dos líquidos	44
1 – Dilatação aparente.....	44



2 – Massa específica.....	45
9. Lista de Questões.....	48
10. Gabarito.....	63
11. Lista de Questões Resolvidas e Comentadas	65
Considerações Finais.....	95
Referências.....	96



Apresentação

Querido aluno(a), seja bem-vindo(a) à nossa primeira aula!

Sou o professor **Vinícius Fulconi**, tenho vinte e quatro anos e estou cursando Engenharia Aeroespacial no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Irei contar um pouco sobre minha trajetória pessoal, passando pelo mundo dos vestibulares com minhas principais aprovações, até fazer parte da equipe de física do Estratégia Militares.

No ensino médio, eu me comportava como um aluno mediano. No final do segundo ano do ensino médio, um professor me desafiou com a seguinte declaração: *Você **nunca vai passar no ITA!*** Essa fala do professor poderia ter sido internalizada como algo desestimulador e, assim como muitos, eu poderia ter me apegado apenas ao que negritei anteriormente. Muitos desistiriam! Entretanto, eu preferi negritar e gravar “**Você vai passar no ITA!**”

Querido aluno(a), a primeira lição que desejo te mostrar não é nenhum conteúdo de física. Quero que transforme seu sonho em vontade de vencer. Transforme seus medos e incapacidades em desafios a serem vencidos. Haverá muitos que duvidarão de você. O mais importante é você acreditar! **Nós do Estratégia Militares acreditamos no seu potencial** e ajudaremos você a realizar seu sonho!



Após alguns anos estudando para o ITA, usando muitos livros estrangeiros, estudando sem planejamento e frequentando diversos cursinhos do segmento, realizei meu sonho e entrei em umas das melhores faculdades de engenharia do mundo. 😊 Além de passar no ITA, ao longo da minha preparação, fui aprovado no IME, UNICAMP, Medicina (pelo ENEM) e fui medalhista na Olimpíada Brasileira de Física.

Minha resiliência e grande experiência em física, que obtive estudando por diversas plataformas e livros, fez com que eu me tornasse professor de física do Estratégia Militares. Tenho muito orgulho em fazer parte da família Estratégia e hoje, se você está lendo esse texto, também já é parte dela. Como professor, irei te guiar por toda física, alertando sobre os erros que cometi na minha preparação, mostrando os pontos em que obtive êxito e, assim, conseguirei identificar quais



são seus pontos fortes e fracos, maximizando seu rendimento e te guiando até à faculdade dos seus sonhos.

Você deve estar se perguntando: **O que é necessário para começar esse curso?**



ALERTA!

Esse curso exige do candidato apenas **dedicação, perseverança e vontade de vencer.**

1-Termologia

Nessa aula, estudaremos uma das mais belas e cotidianas áreas da física. A **termologia** é a parte da física que estuda os processos e fenômenos de **aquecimento, resfriamento e as variações de estado físico**.

Toda a termologia se baseia na propagação da **energia térmica** através de um meio ou estado físico. Iniciaremos com o estudo dos conceitos básicos de termologia. Logo após, estudaremos os termômetros e grandezas termométricas e em sequência o estudo do calor sensível e do calor latente. Por fim, estudaremos o fenômeno de dilatação térmica.

Perceberemos que a termologia é uma das partes da física com maior aplicação no cotidiano. Portanto, além de compreendê-la com o objetivo de gabaritar todas as questões do assunto, conseguiremos compreender muitos fenômenos do nosso dia-a-dia.

Vamos começar? 😊

2 – Conceitos iniciais

1 – Temperatura

Um dos principais conceitos da termologia é a temperatura. Podemos caracterizar a temperatura através de uma propriedade microscópica da matéria: grau de agitação das moléculas de um determinado material.

Temperatura – é a grandeza física que quantifica o grau de agitação das moléculas de um determinado corpo.

Para as moléculas de um gás o grau de agitação é estritamente vinculado a energia de translação do gás. Apenas a energia térmica de translação modifica a temperatura de um gás.

A Figura 1 mostra dois gases iguais. O gás do lado direito tem moléculas com maior velocidade de translação. O gás do lado esquerdo apresenta o mesmo gás que o lado direito, entretanto, com menor velocidade de translação. Dessa forma, como temperatura de um gás é estritamente vinculada a energia térmica de translação, o gás da direita está a uma temperatura maior.

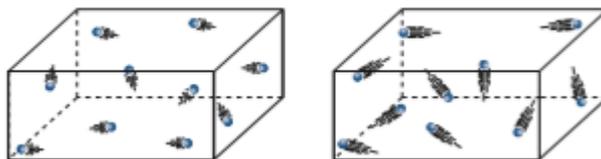


Figura 1: Gases idênticos em temperaturas distintas.

2 – Equilíbrio térmico

A contínua observação dos fenômenos da natureza possibilitou aos físicos a concluir um importante postulando da termologia: **equilíbrio térmico**.

Equilíbrio térmico – Um conjunto de sistemas físicos estão em equilíbrio térmico entre si quando suas temperaturas são idênticas.

Corpos mais “quentes” transferem parte da agitação de suas partículas para os corpos mais “frios”. Além disso, percebemos que esse fenômeno é **espontâneo**.

3 – Medidores de temperatura

Anteriormente, vimos que a temperatura é a medida da agitação das partículas de um determinado material. Embora essa definição seja conceitualmente correta, para efeitos de medição, ela não se mostra tão eficiente.

Como medimos a temperatura de um corpo?

Para medir a temperatura de um corpo, utilizamos um segundo corpo que sofra alterações macroscópicas quando busca atingir o equilíbrio térmico com o primeiro. Esse segundo corpo é chamado de **termômetro**.

Termômetro – é o instrumento utilizado para medir a temperatura de um corpo. O termômetro é composto pela **Substância termométrica** e pela **Grandeza termométrica**.

A **substância termométrica** é um composto que tem alguma de suas propriedades físicas variando de forma mensurável quando busca atingir o equilíbrio térmico com um determinado corpo. As propriedades físicas podem ser: pressão, comprimento, volume, densidade e outras.

A **grandeza termométrica** é uma propriedade física da substância termométrica que varia consideravelmente com a temperatura.

A figura 2 mostra alguns tipos de termômetro.



Figura 2: Da esquerda para a direita: Termômetro de gás, termômetro de mercúrio e termômetro digital.

4 – Escalas termométricas

Uma escala termométrica é uma associação entre dois conjuntos. O primeiro é um conjunto numérico e o segundo é um conjunto de temperaturas.

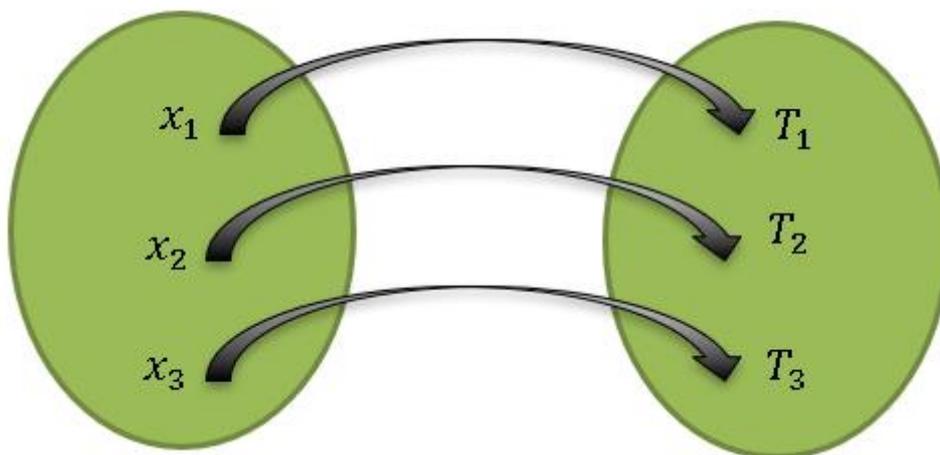


Figura 3: Conjunto numérico e conjunto de temperaturas.

Cada número do primeiro conjunto está associado a uma temperatura do segundo conjunto. Os valores numéricos do primeiro conjunto são atribuídos em relação a dois pontos de referência. Esses pontos de referência são chamados de pontos fixos fundamentais.

5 – Pontos fixos fundamentais

Os pontos fixos fundamentais são adotados de acordo com a facilidade em obtê-los no dia-a-dia. Pelo princípio da simplicidade, adotou-se o gelo fundente e o gelo em ebulição como pontos fixos fundamentais.

O ponto relacionado ao gelo fundente é chamado de **ponto de gelo** e o ponto relacionado à água em ebulição é chamado de **ponto de vapor**.

Ponto de gelo – temperatura na qual há água líquida e água sólida estão em equilíbrio térmico.

Ponto de vapor – temperatura na qual há água líquida e água gasosa estão em equilíbrio térmico.

Montamos a escala termométrica sempre em relação a esses pontos fixos fundamentais. A construção da escala é subjetiva e, portanto, cada um nós podemos montar uma escala de temperatura se respeitarmos os seguintes passos:

- Determinação do ponto de gelo: Adotar um número real para representar a temperatura do ponto de gelo.
- Determinação do ponto de vapor: Adotar um número real para representar a temperatura do ponto de vapor. Em geral, por simplicidade, a temperatura do ponto de vapor é sempre um número maior que a temperatura do ponto de gelo.

Após a determinação dos pontos fixos, a escala já estará determinada. Além disso, podemos determinar a **razão constante de escala**.

Razão constante de escala – é um valor real, escrito na forma de fração, que é constante para todas as escalas termométricas que adotam os mesmos pontos fixos fundamentais.

Considere uma escala termométrica em que a temperatura do ponto de gelo seja T_G e a temperatura do ponto de vapor seja T_V ($T_G < T_V$). Chamaremos essa escala de Estratégia e a temperatura será expressa em graus estratégia ($^{\circ}E$). Veja a figura abaixo.

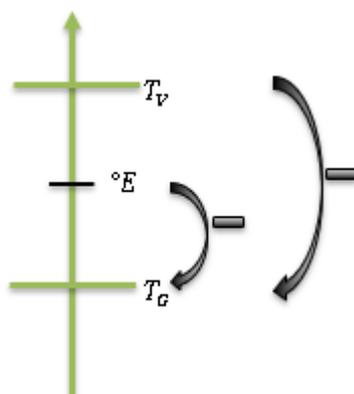


Figura 4: Escala Estratégia.

Para montar a razão de escala, fazemos:

- No numerador da fração da razão de escala, colocaremos o número equivalente a subtração entre o grau estratégia ($^{\circ}E$) e a temperatura de gelo (T_G).
- No denominador da fração da razão de escala, colocaremos o número equivalente a subtração entre a temperatura de vapor (T_V) e a temperatura de gelo (T_G).

Dessa forma, a razão de escala é dada por:

$$R. E. Estrat\u00e9gia = \frac{{}^{\circ}E - T_G}{T_V - T_G} = \text{valor constante}$$

3 – Principais escalas termom\u00e9tricas

1 – Escala Celsius

A escala termom\u00e9trica Celsius foi criada por Anders Celsius (1701-1744), mas s\u00f3 foi oficializada em 1742. Originalmente, Celsius adotou o valor **0** para o ponto de vapor e **100** para o ponto de gelo. Muitos anos mais tarde, um bi\u00f3logo chamado Lineu inverteu a escala e a deixou como conhecemos hoje em dia.

1.1 Ponto de gelo

O **ponto de gelo** da escala Celsius \u00e9 de **0 \u00b0C**.

1.2 Ponto de vapor

O **ponto de vapor** da escala Celsius \u00e9 de **100 \u00b0C**.

1.3 Raz\u00e3o de escala

Para determinar a raz\u00e3o de escala, seguiremos o procedimento mostrado no t\u00f3pico anterior. Assim, a raz\u00e3o de escala para a escala Celsius \u00e9 dada por:

$$R. E. Celsius = \frac{{}^{\circ}C - 0}{100 - 0}$$



$$R. E. Celsius = \frac{^{\circ}C}{100}$$

2 – Escala Fahrenheit

A escala termométrica Fahrenheit foi criada por Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736). Originalmente, Daniel adotou para o valor de **0** a temperatura de equilíbrio entre gelo e cloreto de amônia e para o valor de **100** a temperatura do corpo humano. Quando notou a prevalência da água como substância termométrica, corrigiu sua escala e adotou **32** para o ponto de gelo e **212** para o ponto de vapor.

2.1 Ponto de gelo

O **ponto de gelo** da escala Fahrenheit é de **32 °F**.

2.2 Ponto de vapor

O **ponto de vapor** da escala Fahrenheit é de **212 °F**.

2.3 Razão de escala

$$R. E. Fahrenheit = \frac{^{\circ}F - 32}{212 - 32}$$

$$R. E. Fahrenheit = \frac{^{\circ}F - 32}{180}$$

Exemplo 1: Dois termômetros, um graduado na escala Celsius e outro, na escala Fahrenheit, são mergulhados em um mesmo líquido. A leitura em Fahrenheit supera em 100 unidades a leitura em Celsius. Qual era a temperatura desse líquido em graus Celsius?

Comentários:

A razão de escala é um valor constante para todas as escalas termométricas com os mesmos pontos fixos. Podemos igualar as razões de escala Celsius e Fahrenheit:

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{^{\circ}F - 32}{180}$$

O enunciado diz que:



$$^{\circ}F = ^{\circ}C + 100$$

Assim, temos:

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{(^{\circ}C + 100) - 32}{180}$$

$$\frac{^{\circ}C}{5} = \frac{^{\circ}C + 68}{9}$$

$$4 \cdot ^{\circ}C = 340$$

$$\boxed{^{\circ}C = 58^{\circ}C}$$

3 – Escala Réaumur

A escala termométrica Réaumur foi criada pelo físico Réaumur em 1730. Réaumur adotou para o ponto de vapor **80** e para o ponto de gelo **0**.

3.1 Ponto de gelo

O **ponto de gelo** da escala Réaumur é de **0 °R**.

3.2 Ponto de vapor

O **ponto de vapor** da escala Réaumur é de **80 °R**.

3.3 Razão de escala

$$R. E. \text{ Réaumur} = \frac{^{\circ}R - 0}{80 - 0}$$

$$\boxed{R. E. \text{ Réaumur} = \frac{^{\circ}R}{80}}$$

Exemplo 2: A temperatura da sala de aula em graus Celsius era a metade da temperatura da sala em graus Fahrenheit. Qual a temperatura da sala em graus Réaumur?

Comentários:

Como foi feito no exemplo 1, podemos igualar as razões de escala (Celsius e Fahrenheit).



$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{180}$$

A escala Celsius marca a metade da escala Fahrenheit:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F}}{2}$$

$$^{\circ}\text{F} = 2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Dessa maneira, temos:

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{2 \cdot ^{\circ}\text{C} - 32}{180}$$

$$\frac{^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{2 \cdot ^{\circ}\text{C} - 32}{9}$$

$$9 \cdot ^{\circ}\text{C} = 10 \cdot ^{\circ}\text{C} - 160$$

$$^{\circ}\text{C} = 160$$

Por último, devemos igualar a razão de escala Celsius à razão de escala Réaumur.

$$\frac{^{\circ}\text{R}}{80} = \frac{^{\circ}\text{C}}{100}$$

$$\frac{^{\circ}\text{R}}{80} = \frac{160^{\circ}\text{C}}{100}$$

$$\frac{^{\circ}\text{R}}{8} = \frac{16^{\circ}\text{C}}{1}$$

$$\boxed{^{\circ}\text{R} = 128}$$

4 – Zero absoluto

Definimos temperatura como o grau de agitação das partículas de um determinado material. Quando aumentamos a temperatura de um material, aumentamos paralelamente a agitação das partículas. Se diminuirmos a temperatura do sistema, o grau de agitação das partículas cairá continuamente. Entretanto, podemos chegar ao seguinte questionamento:

Há algum momento em que as partículas possuirão agitação nula?



CURIOSIDADE



A resposta para o questionamento acima não é um tópico solidificado na física. Entretanto, define-se o conceito de **zero absoluto**.

Zero absoluto – é a menor temperatura que um sistema pode apresentar. Essa temperatura corresponde ao menor grau de agitação das partículas, isto é, agitação próxima de zero.

No ponto de zero absoluto, há partículas com energia não nula. Entretanto, são poucas partículas que possuem agitação, a maioria já cessou totalmente sua movimentação.

5 – Escala Kelvin

O britânico Lorde Kelvin (1824-1907), ao longo de seus estudos, trabalhou com a variação da pressão de um gás a volume constante. Kelvin plotou inúmeros gráficos de pressão em função da temperatura para os gases que estava estudando a volume constante. Veja a figura 5.

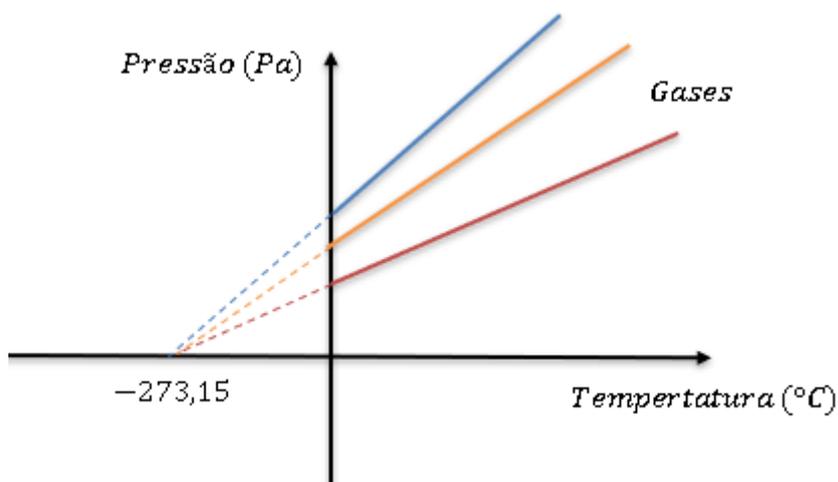


Figura 5: Interpolação feita por Kelvin.

Kelvin notou que ao fazer a interpolação dos gráficos, todos eles cruzavam o mesmo ponto no eixo da temperatura. A temperatura era equivalente a $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kelvin chamou essa temperatura de **zero absoluto**.

Além disso, Kelvin criou uma escala de temperatura. Sua escala de temperatura colocou a temperatura nula para o zero absoluto. Isto é, a temperatura zero na escala Kelvin correspondia à temperatura de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. A escala Kelvin é chamada de **absoluta**.

A escala Kelvin foi construída da seguinte maneira:

5.1 Ponto de gelo

O **ponto de gelo** da escala Fahrenheit é de **273 K**.

5.2 Ponto de vapor

O **ponto de vapor** da escala Fahrenheit é de **373 K**.

5.3 Razão de escala

$$R. E. \text{ Kelvin} = \frac{T_K - 273}{373 - 273}$$

$$R. E. \text{ Kelvin} = \frac{T_K - 273}{100}$$

6 – Escalas absolutas

Não é apenas a escala Kelvin que é chamada de absoluta. Qualquer escala em que a temperatura nula for associada ao zero absoluto é chamada de escala absoluta.

Escala absoluta – escala termométrica que associa temperatura zero à temperatura do zero absoluto.

Exemplo 3: Uma escala de temperatura chamada Coruja tem o ponto de fusão de água associada a temperatura 20 graus coruja. A escala coruja é dita absoluta. Qual é a temperatura, em graus coruja, associada ao ponto de ebulição da água?

Comentários:

Supondo T a temperatura para a ebulição. Chamaremos os graus coruja de x e, deste modo, montaremos a razão de escala seguindo os passos dos tópicos acima:

$$R. E. Coruja = \frac{x - 20}{T - 20}$$

Igualaremos à razão de escala Celsius:

$$\frac{x - 20}{T - 20} = \frac{^{\circ}C}{100}$$

No enunciado é dito que a escala é absoluta. Dessa maneira, a escala assume valor numérico $x = 0$ para a temperatura do zero absoluto. A temperatura do zero absoluto na escala Celsius é dada por $-273^{\circ}C$.

$$\frac{0 - 20}{T - 20} = \frac{-273}{100}$$

$$\frac{-20}{T - 20} = \frac{-273}{100}$$

$$2000 = 273 \cdot (T - 20)$$

$$7,33 = T - 20$$

$$\boxed{T = 27,33 \text{ graus Coruja}}$$

4 – Conversão entre escalas termométricas

Como visto nos exemplos acima, a conversão entre as escalas termométricas é extremamente simples. No início deste capítulo, definimos a grandeza chamada razão de escala. Dissemos que essa razão é constante para todas as escalas que utilizam os mesmos pontos fixos fundamentais. Todas as escalas enunciadas acima utilizam o ponto de vapor e o ponto de gelo da água como pontos fixos. Dessa forma, todas as razões de escala são iguais. Portanto, podemos igualar todas elas:

$$R. E. Celsius = R. E. Kelvin = R. E. Réaumur = R. E. Fahrenheit = R. E. Estratégia$$

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{T_K - 273}{100} = \frac{^{\circ}R}{80} = \frac{^{\circ}F - 32}{180} = \frac{^{\circ}E - T_G}{T_V - T_G}$$

Simple, não?! 😊

Exemplo 4: Tentando fazer uma escala politicamente correta um físico propõe a escala P, cuja temperatura indicada em qualquer estado térmico é a média aritmética entre os valores lidos na escala Celsius e na Fahrenheit. Sobre a escala P proposta, é correto afirmar:

- a) Não é de fato, pois não foram definidos os pontos fixos.
- b) Para uma variação de 20 °C, teremos uma variação de 28 °P.
- c) Sempre apresentará valores maiores que os lidos na escala Celsius.
- d) O ponto do gelo da escala P é -10 °C.
- e) O ponto do vapor na escala P é 166 °P.

Comentários:

Primeiramente, iremos igualar todas as razões de escala fornecidas no enunciado. Vamos supor que a temperatura do ponto de gelo seja T_G e a do ponto de vapor seja T_V

$$\frac{^{\circ}C}{100} = \frac{^{\circ}F - 32}{180} = \frac{P - T_G}{T_V - T_G}$$

A relação entre a escala Celsius e a escala Fahrenheit é dada por:



$$\frac{^{\circ}\text{C}}{100} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{180}$$
$$^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \cdot ^{\circ}\text{C} + 32 \quad \text{eq1}$$

Do enunciado, podemos fazer a seguinte igualdade:

$$P = \frac{^{\circ}\text{C} + ^{\circ}\text{F}}{2}$$

Substituindo a equação 1:

$$P = \frac{^{\circ}\text{C} + \left(\frac{9}{5} \cdot ^{\circ}\text{C} + 32\right)}{2}$$

$$P = \frac{7}{5} \cdot ^{\circ}\text{C} + 16$$

Agora, vamos analisar as alternativas:

a) Falso. Os pontos fixos estão ocultos, isto é, estão embutidos na expressão dada por ele no enunciado. Note que pela expressão acima, que vincula graus P com graus Celsius, conseguimos encontrar os pontos fixos, fazendo $^{\circ}\text{C} = 0$ e $^{\circ}\text{C} = 100$.

b) Verdadeira.

$$P_1 = \frac{7}{5} \cdot ^{\circ}\text{C}_1 + 16$$

$$P_2 = \frac{7}{5} \cdot ^{\circ}\text{C}_2 + 16$$

Fazendo $P_1 - P_2$, temos:

$$P_1 - P_2 = \frac{7}{5} \cdot (^{\circ}\text{C}_1 - ^{\circ}\text{C}_2) + 16 - 16$$

$$\Delta P = \frac{7}{5} \cdot \Delta^{\circ}\text{C}$$

Para $\Delta^{\circ}\text{C} = 20$:

$$\Delta P = \frac{7}{5} \cdot 20 = 28$$

c) Falso. Os valores são sempre maiores na escala P.

d) Falso. O ponto de gelo é encontrado fazendo $^{\circ}\text{C} = 0$:



$$P(\text{fusão}) = \frac{7}{5} \cdot 0 + 16 = 16$$

e) Falso. O ponto de gelo é encontrado fazendo $^{\circ}\text{C} = 100$:

$$P(\text{ebulição}) = \frac{7}{5} \cdot 100 + 16 = 156$$



5 – Introdução ao calor

Antes de estudarmos os tipos de calor, precisamos definir essa grandeza física. A definição não é consolidada entre todos os físicos, mas por agora, é o necessário para que possamos entender minimamente os processos físicos que estudaremos a seguir.

Calor – é a energia térmica em movimento, isto é, a transferência de energia de um sistema para o outro.

Quando um corpo recebe ou cede uma quantidade de calor, pode-se observar, como implicação deste fenômeno, uma variação de temperatura ou uma mudança de estado físico. Veja a figura 6.

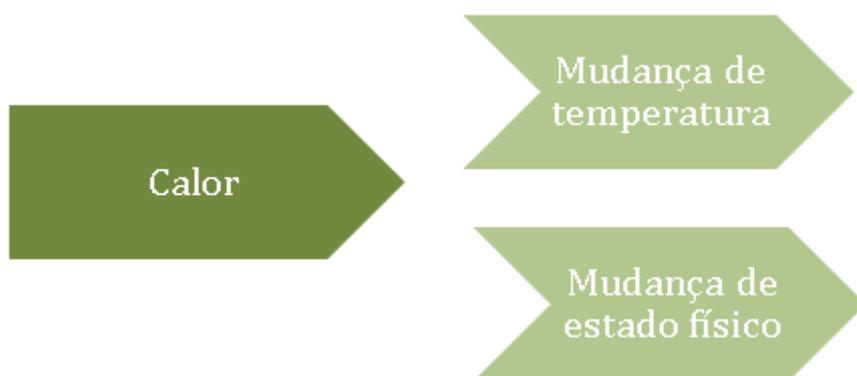


Figura 6: Diagrama do calor.

A variação de **temperatura** de um sistema é associada a um **calor sensível** e a mudança de **estado físico** é associada a um **calor latente**.

1 – Capacidade térmica e calor específico

Considere um corpo de massa m e temperatura inicial T_1 . Fornecemos uma quantidade de calor Q e esse corpo atinge uma nova temperatura T_2 . Chamaremos a variação de temperatura de $\Delta T = T_2 - T_1$.

A partir das observações acima, podemos definir a capacidade térmica (C) e o calor específico (c) de um corpo:

Capacidade térmica (C) – é uma grandeza que mede a quantidade de calor que deve ser fornecida a um corpo para que ele varie em 1 °C sua temperatura.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad \text{unidade: } \frac{\text{cal}}{^{\circ}\text{C}}$$

Quanto maior a capacidade térmica de um corpo, maior será a dificuldade de variar sua temperatura. Em geral, metais tem capacidade térmica baixa e, portanto, “esquentam” e “esfriam” com maior facilidade.

Calor específico (c) – é uma grandeza que mede a quantidade de calor que deve ser fornecida a um corpo, por cada unidade de massa do corpo, para que ele varie em 1 °C sua temperatura.

$$c = \frac{c}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad \text{unidade: } \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

A figura 7 mostra o calor específico de algumas substâncias.

Substâncias	Calor específico ($\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C}}$)
Água	1,000
Álcool	0,590
Cobre	0,093
Prata	0,056
Vidro	0,118

Figura 7: Calores específico de algumas substâncias

2 – Calor sensível

Considere um corpo de massa m e temperatura inicial T_1 . Se ao receber um calor Q , o corpo **apenas varia sua temperatura** para T_2 e **não muda o estado físico**, chamaremos o calor Q de sensível.

$$Q_{\text{sensível}} = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$$



- Se $T_2 > T_1$ o corpo recebe calor $\rightarrow Q_{sensível} > 0$
- Se $T_2 < T_1$ o corpo cede calor $\rightarrow Q_{sensível} < 0$

Exemplo 5: Qual é a quantidade de calor que deve ser fornecido a 10 g de gelo a -20°C para se tornar gelo a 0°C ? Dados: Calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$.

Comentários:

Como o gelo não muda de estado físico, o calor utilizado será o calor sensível.

$$Q_{sensível} = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$$

$$Q_{sensível} = 10 \cdot 0,5 \cdot (0 - (-20))$$

$$Q_{sensível} = 100 \text{ cal}$$

3 – Sistema termicamente isolado

As trocas de calor entres os corpos em um sistema são guiadas pelo isolamento térmico do sistema. Trocas de calor entre o sistema e o meio externo modificam a temperatura final do sistema e, portanto, modificam seu estado final. Para que um sistema não troque calor com o meio externo, isola-se termicamente esse sistema e, com isso, surge o conceito de **termicamente isolado**.

Termicamente isolado – é um sistema físico que não troca energia térmica com meio externo.

Em um sistema termicamente isolado, a somatória de todos os calores trocados é nula.

$$\sum Q_{recebido} + \sum Q_{cedidos} = 0$$



Exemplo 6: Considere um recipiente isolado. Colocam-se 30 g de água a 65°C e 5 g de água a 0°C. Determine a temperatura final do sistema. O calor específico do gelo é metade do calor específico da água.

Comentários:

Como o sistema está isolado termicamente:

$$\sum Q_{recebido} + \sum Q_{cedidos} = 0$$

Seja T a temperatura do sistema:

$$Q_{gelo} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$5 \cdot c \cdot (T - 0) + 30 \cdot 2c \cdot (T - 65) = 0$$

$$5T + 60T - 4140 = 0$$

$$65T = 4140$$

$$\boxed{T = 63,7^{\circ}\text{C}}$$

4 – Equivalente em água

Com intuito de facilitar algumas análises nas trocas de calor, muitas vezes, substituímos um corpo pela massa de água equivalente, que produza as mesmas quantidades de calor recebidas ou cedidas. Assim, definimos equivalente em água como:

Equivalente em água - é a massa de água, que ao receber a mesma quantidade de calor que o corpo, sofre a mesma variação de temperatura.

Para encontrar o equivalente em água, devemos igualar a capacidade térmica do corpo e a capacidade térmica da água.

$$C_{\text{corpo}} = C_{\text{água}}$$

$$m_{\text{corpo}} \cdot c_{\text{corpo}} = E \cdot 1$$

$$\boxed{E = m_{\text{corpo}} \cdot c_{\text{corpo}}}$$



5 – Mudanças de estado físico

Uma substância pode ser encontrada em três fases da matéria: sólido, líquido e gasoso. Abaixo, há uma tabela comparativa entre os estados físicos e suas principais características.

Fases da matéria	Partículas	Forma e volume
Sólido	Têm pouca liberdade para movimentação.	Tem volume e forma definidos
Líquido	Têm uma movimentação limitada. Apresenta coesão considerável.	Tem o volume definido e forma do recipiente que o contém.
Gasoso	Estão muito afastadas umas das outras.	Não possuem volume e forma definidos.

Quando a substância recebe ou cede uma quantidade de calor, há a possibilidade de mudar o estado físico. Quando a substância muda de estado físico, mediante recebimento ou perda de calor, chamamos o calor de **calor latente**.

6 – Calor latente

Assim como no caso do calor sensível, faremos uma definição formal para o calor latente.

Calor latente – é a energia térmica que se transforma em energia potencial de agregação. Para que o calor seja latente, durante o recebimento ou a perda de calor, a temperatura deve ser mantida constante.

$$Q_{\text{latente}} = m \cdot L$$

Em que L é o calor latente.

- $L > 0$ – Transformações endotérmicas (absorvem calor).



Exemplos: Fusão e vaporização.

- $L < 0$ – Transformações exotérmicas (liberam calor).

Exemplos: Solidificação e condensação.

Exemplo 7: Considere a energia para derreter totalmente 50 g de a 0°C. Se essa energia fosse utilizada para erguer um corpo de 1 kg, qual altura ele atingiria?

Dados:

- Calor latente de fusão da água = 80 cal/g

- Aceleração da gravidade = 10 m/s²

- 1 Caloria = 4,2 Joules

Comentários:

A energia para derreter 50 g de gelo é dada por:

$$Q_{latente} = m \cdot L$$

$$Q_{latente} = 50 \cdot 80 = 4000 \text{ cal}$$

Em Joules:

$$Q_{latente} = 16800 \text{ J}$$

Se a energia fosse utilizada para erguer um corpo, teríamos apenas energia potencial gravitacional E_p .

$$E_p = m \cdot g \cdot h = Q_{latente}$$

$$1 \cdot 10 \cdot h = 16800$$

$$\boxed{h = 1680 \text{ m}}$$

Impressionante, não é? 😊 Note que o calor para realizar a fusão de uma substância é extremamente alto.

Exemplo 8: Misturam-se quantidades iguais de gelo e de água. O gelo está a -20°C e a água está a 20°C . Qual é a temperatura final do sistema?

Dados:

- Calor latente de fusão da água = 80 cal/g
- Calor específico do gelo = $0,5 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$
- Calor específico do água = $1,0 \text{ cal/g} \cdot ^{\circ}\text{C}$

Comentários:

A abordagem deste tipo de problema é com base nas análises das energias envolvidas. Primeiramente, calcularemos todas as energias.

Calcularemos a energia para o todo gelo passar de -20°C até 0°C e depois derreter. Chamaremos esse calor de Q .

$$Q = Q_{\text{sensível}} + Q_{\text{latente}}$$
$$Q = m \cdot 0,5 \cdot (0 - (-20)) + m \cdot 80$$
$$Q = 90m$$

Agora, calcularemos a energia necessária para toda a água ir de 20°C a 0°C . Chamaremos esse calor de q .

$$q = m \cdot 1 \cdot (0 - 20)$$
$$q = -10m$$

Percebemos que $q < Q$ e, portanto, a água líquida não conseguirá fornecer quantidade de calor suficiente para que o gelo aumente sua temperatura e depois derreta. A água líquida fornece calor para o gelo apenas aumentar sua temperatura. Note que o calor sensível do gelo é igual a $10m$, que é justamente o calor para a água ir de 20°C para 0°C . Dessa maneira, a temperatura final do sistema é 0°C , com equilíbrio estável entre água e gelo.

7 – Leis da fusão/ebulição e transformações

As transformações de estados físicos são baseadas em duas leis principais:

Lei zero – Para cada valor de pressão, uma substância pura possui apenas uma temperatura de fusão e uma temperatura de ebulição.

Primeira lei – Para uma substância pura, a temperatura de ebulição e a temperatura de fusão variam com a pressão. Ou seja, se a pressão permanecer constante durante a ebulição ou a fusão, a temperatura permanecerá constante.

Agora, veremos as principais transformações da matéria!

7.1 Fusão

- A fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido.
- O calor latente de fusão é positivo - $L_{fusão} > 0$.
- É um processo endotérmico (absorve calor).

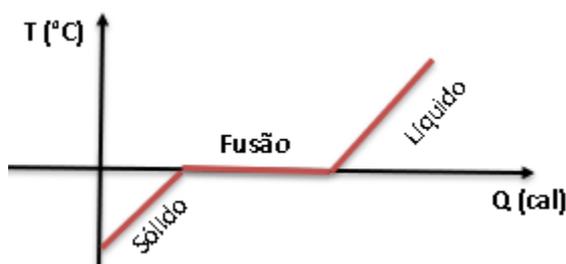


Figura 8: Curva de aquecimento para a fusão.

7.2 Solidificação

- A vaporização é a passagem do estado líquido para o estado sólido.
- O calor latente de fusão é positivo - $L_{solidificação} < 0$.
- É um processo exotérmico (perde calor).



Figura 9: Curva de aquecimento para solidificação.

Além disso, podemos relacionar o calor latente de fusão e o calor latente de solidificação. Para uma mesma substância:

$$L_{\text{fusão}} = -L_{\text{solidificação}}$$

7.3 Condensação

- A condensação é a passagem do estado gasoso para o estado líquido.
- O calor latente de condensação é negativo - $L_{\text{condensação}} < 0$.
- É um processo exotérmico (perde calor).



Figura 10: Curva de aquecimento para a condensação.

Iremos analisar a ebulição no tópico seguinte, entretanto, temos a seguinte relação:

$$L_{\text{condensação}} = -L_{\text{ebulição}}$$

8 – Ebulição, Evaporação e calefação

A passagem do estado líquido para o estado gasoso pode ser dividida em três transformações: ebulição, vaporização e calefação. A diferenças entre elas serão expostas abaixo.

8.1 Ebulição

- A ebulição ocorre quando a temperatura do sistema é exatamente a temperatura de ebulição da substância.
- A ebulição ocorre com formação de bolhas e é um processo com velocidade intermediária.
- A ebulição é um fenômeno que ocorre por toda a extensão do líquido.
- **A ebulição ocorre quando a pressão externa é igual a pressão de vapor do líquido.**

8.2 Evaporação

- A evaporação ocorre quando a temperatura do sistema é menor que a temperatura de ebulição da substância.
- A evaporação ocorre apenas na superfície do líquido.

A rapidez da evaporação depende de alguns fatores externos. A tabela abaixo exemplifica os fatores de dependência.

Fatores	Dependência
Natureza do líquido	Os líquidos que são voláteis evaporam mais rapidamente.
Temperatura	Quanto maior a temperatura maior será a velocidade da evaporação.
Área da superfície livre	A evaporação é tanto mais rápida quanto maior a área da superfície livre.
Pressão na superfície livre	Quanto maior a pressão sobre a superfície livre menor será a velocidade da evaporação
Pressão de vapor do líquido	Quanto maior a pressão de vapor maior será a evaporação.

Roupas secando no varal e uma bacia de água exposta ao sol são exemplos de evaporação.

8.3 Calefação

- A calefação é um processo que ocorre quando a temperatura externa é muito maior que a temperatura de ebulição do líquido.



- Ocorre com formação de ruído característico.
- É um processo extremamente rápido.

Um exemplo muito comum de calefação é quando respingamos água sobre uma chapa quente. Rapidamente, a água líquida se transforma em água gasosa com formação de ruído característico.

9 - Sublimação

A sublimação é passagem direta do estado sólido para o estado gasoso. Em geral, o processo de sublimação ocorre com sólidos cristalinos, como é o caso da Naftalina. Esse processo ocorre semelhantemente ao processo de evaporação dos líquidos: O processo de sublimação é tanto mais rápido quanto mais perto a pressão de vapor do cristal sólido se aproximar da pressão externa do ambiente.



Figura 11: Naftalina.

Outro caso interessante de sublimação, é o gelo seco. O gelo seco é o resultando da sublimação do dióxido de carbono.



Figura 12: Gelo seco.

6 – Diagramas de fase

Os diagramas de fase são curvas representadas no plano cartesiano com eixo vertical equivalente a pressão e eixo horizontal equivalente à temperatura. Esses diagramas mostram as mudanças de estado físico e possibilitam a previsão de determinados fenômenos quando associamos um par ordenado (*pressão, temperatura*). Antes de estudarmos propriamente os diagramas de fase, iremos definir alguns conceitos importantes:

Ponto triplo – é a temperatura e a pressão (par ordenado (p,T)) em que há coexistência dos três estados físicos: sólido, líquido e vapor.

Ponto crítico – é a temperatura e a pressão (par ordenado (p,T)) acima das quais não se pode liquefazer um gás apenas por variação de pressão.

À frente, iremos mostrar graficamente esses dois pontos, mas por agora, se atentaremos apenas às suas definições.

1 – Curva de fusão

A curva de fusão de um sólido cristalino é uma representação visual (gráfica) da pressão externa e a temperatura de fusão. A curva de fusão pode ser dividida em dois grupos: O primeiro grupo é formado por substâncias que têm seu volume aumentado com a fusão. O segundo grupo, mais reduzido, é formado por substância que tem seu volume diminuído com a fusão.

1.1 Substâncias que tem seu volume molar aumentado com a fusão.

Esse grupo de substâncias é o mais representativo, isto é, representa a maioria esmagadora dos casos. Na fusão dessas substâncias, o volume molar dos líquidos é maior que volume molar dos sólidos. A figura representa o gráfico de fusão desse tipo de substância.

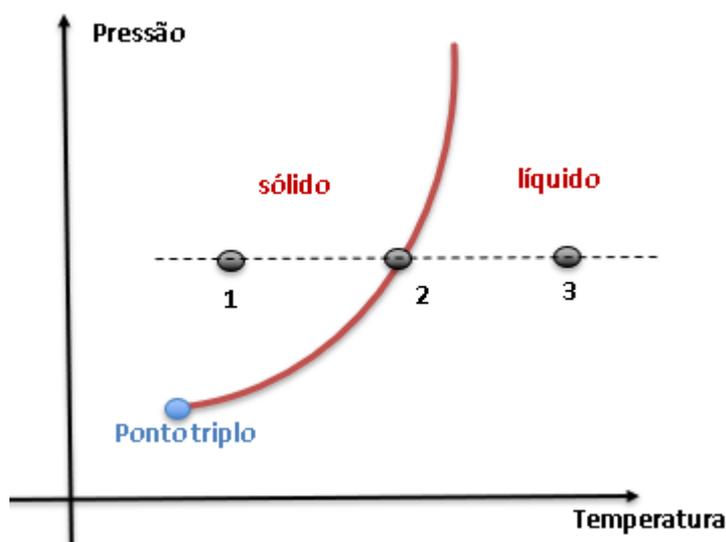


Figura 13: Fusão do primeiro grupo.

1 – Estado sólido.

2 – Estado sólido e líquido coexistindo.

3 – Estado líquido.

1.2 Substâncias que tem seu volume molar diminuído com a fusão.

Poucas substâncias apresentam esse comportamento na fusão. A água é um exemplo de substância que se encaixa nesse grupo. Na fusão dessas substâncias, o volume molar do líquido é menor que volume molar dos sólido. A figura abaixo representa o gráfico de fusão desse tipo de substância.

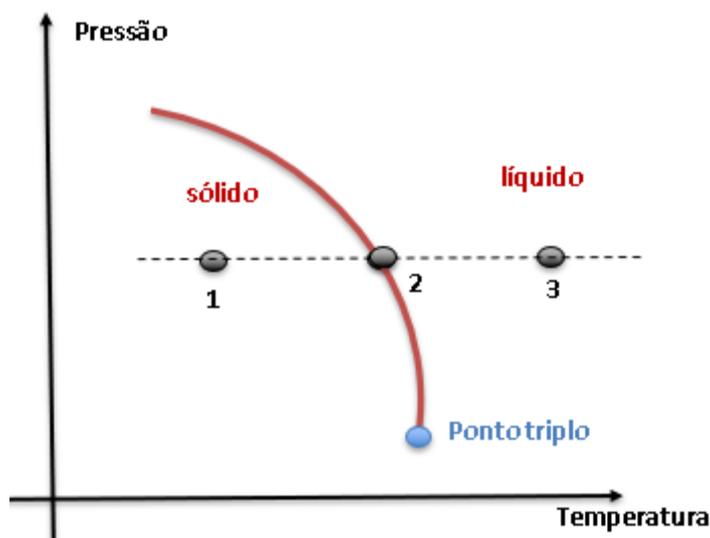


Figura 14: Fusão do segundo grupo.

1 – Estado sólido.

2 – Estado sólido e líquido coexistindo.

3 – Estado líquido.

1.3 Pressão e temperatura na fusão do gelo

Podemos perceber, a partir dos diagramas de fusão acima, que uma diminuição na pressão externa provoca uma diminuição na temperatura de fusão do gelo.

Em meados de 1850, Tyndall elaborou um experimento que mostrou a relação entre pressão e temperatura na fusão do gelo. Tyndall colocou sobre uma bancada um paralelepípedo de gelo e sobre ele um arame com dois pesos em suas extremidades. Veja a figura 15.

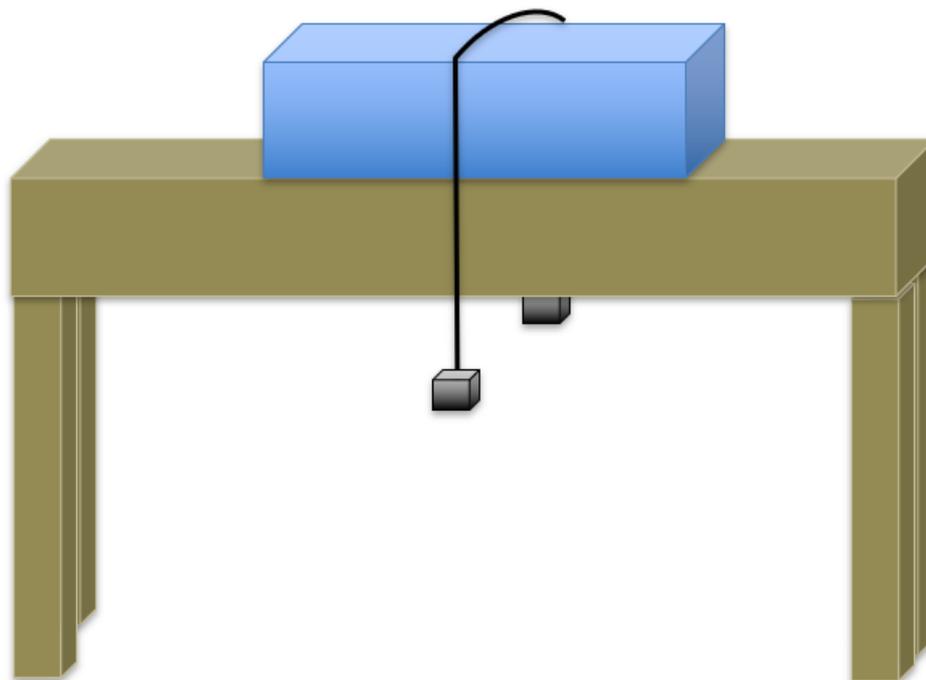


Figura 15: Experimento de Tyndall

Devido aos pesos atrelados às extremidades do arame, o cubo de gelo é “cortado” ao meio. Entretanto, após verificação da situação final do gelo, nota-se que o gelo não foi dividido ao meio, embora, o arame tem passado totalmente por ele.

Isso acontece devido ao fenômeno de “regelo”. Definiremos a seguir esse fenômeno.

Regelo – fenômeno de ressolidificação da água por diminuição da pressão.

No experimento, o aumento da pressão causado pelo fio diminui a temperatura de fusão do gelo, fazendo com que ele se funda. Para que sofra a fusão da parte onde passa o fio, calor é retirado das vizinhas da passagem do arame. Após a passagem do fio, o aumento da pressão é interrompido e a água líquida devolve o calor retirado das vizinhanças, voltando ao estado sólido.

2 – Curva de vaporização

A curva de vaporização de um sólido cristalino é uma representação visual (gráfica) da pressão externa e a temperatura de vaporização. Quanto maior for a pressão externa sobre um líquido, maior será a temperatura necessária para que ele entre em ebulição.

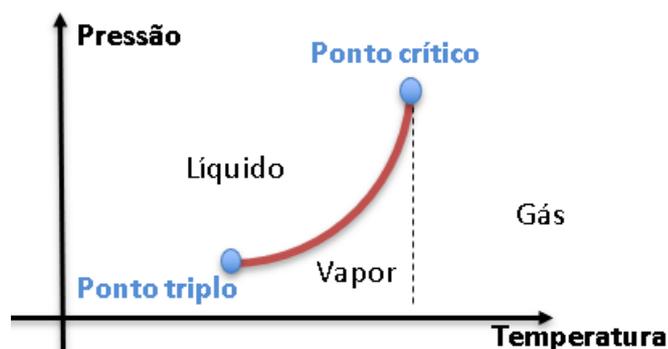


Figura 16: Curva de vaporização

Cada ponto pertencente a linha em vermelho, da figura 16, mostra uma possível situação de equilíbrio entre o líquido e sua forma vapor.

O estado gasoso só é atingido com uma temperatura superior à temperatura do ponto crítico.

3 – Curva de sublimação

A curva de sublimação de um sólido cristalino é uma representação visual (gráfica) da pressão externa e a temperatura de sublimação. Quanto maior for a pressão externa sobre um sólido, maior será a temperatura necessária para que ele sublima.

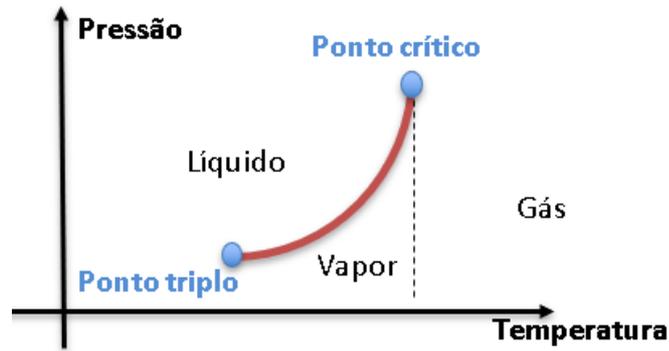


Figura 17: Curva de sublimação

Cada ponto pertencente a linha em vermelho, da figura 17, mostra uma possível situação de equilíbrio entre o sólido e sua forma vapor.

4 – Diagramas de estado

Um diagrama de estado é a combinação entre as curvas de fusão, vaporização e sublimação. O diagrama de estado une graficamente essas três curvas. A união dessas três curvas é feita pelo ponto triplo, que é comum às três.

Para a maioria das substâncias, o diagrama de fase tem o aspecto da figura 18.

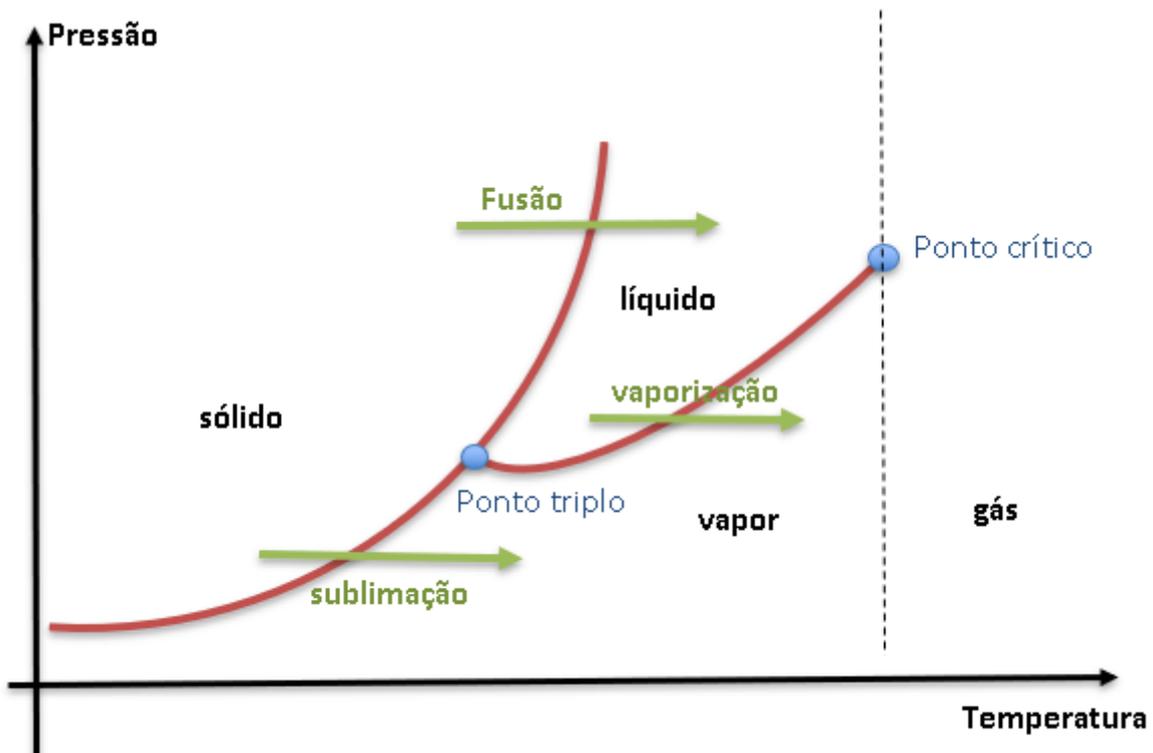
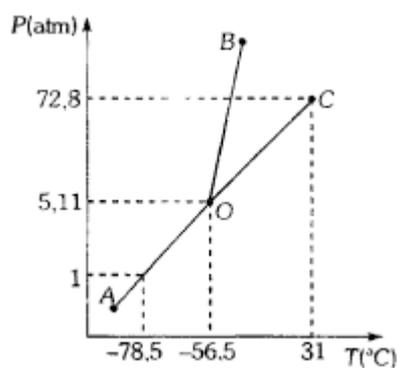


Figura 18: Diagrama de fases

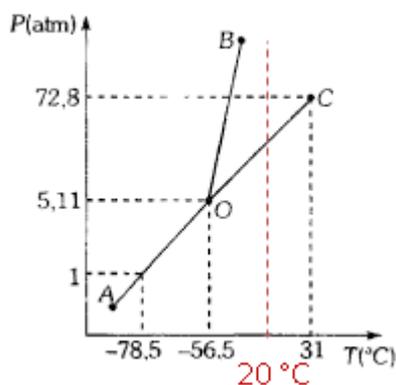
Exemplo 9: Em relação ao diagrama de fases do CO_2 assinale a alternativa incorreta.



- a) A 4 atm e $-75^\circ C$, o CO_2 é encontrado em estado sólido.
- b) A 20 atm, o CO_2 pode ser encontrado em sólido, líquido ou gasoso.
- c) A 0,5 atm e $25^\circ C$, o CO_2 é encontrado no estado líquido.
- d) Na curva BO há um equilíbrio entre fase sólida-líquido-gás.
- e) Em mais de $31^\circ C$, o CO_2 está na forma gasosa.

Comentários:

- a) Verdadeiro. Se localizarmos esse ponto no gráfico estará no estado sólido.
- b) Verdadeiro. A $20^\circ C$ só poderá estar no estado líquido, de vapor e sólido.



- c) Falso. Estará no estado de vapor.
- d) Verdadeiro. Há um (apenas um) equilíbrio no ponto triplo.
- e) Verdadeiro. Pois estará acima da temperatura do ponto crítico.

7 – Dilatação térmica dos sólidos

1 - Introdução

A dilatação térmica é um fenômeno físico gerado pela variação da temperatura de um corpo. Quanto maior a temperatura de um corpo maior será a agitação das partículas e, quanto maior a agitação das partículas, maior será a distância média entre elas. Dessa forma, quando aquecemos um corpo as partículas se afastam e, com isso, o corpo dilata. O inverso também é verdadeiro. Quando retiramos calor de um corpo, a distância média das partículas diminui e, portanto, ocorre a contração térmica.

O fenômeno de dilatação térmica ocorre em três principais categorias: dilatação linear, superficial e volumétrica. Embora todo corpo no universo sofra dilatação volumétrica, nem todas as dimensões sofrem alterações significativas e, por isso, classificamos a dilatação em relação as variações significativas de comprimento. Por exemplo, uma barra de ferro ao ser aquecida, dilatará significativamente seu comprimento. Sua espessura e altura não irão variar muito. Assim, classificaríamos a dilatação como linear.

2 – Dilatação linear

Considere uma barra de comprimento L_0 e temperatura T_0 . Essa barra recebe uma certa quantidade de calor e aumenta sua temperatura para T e seu comprimento para $L > L_0$.

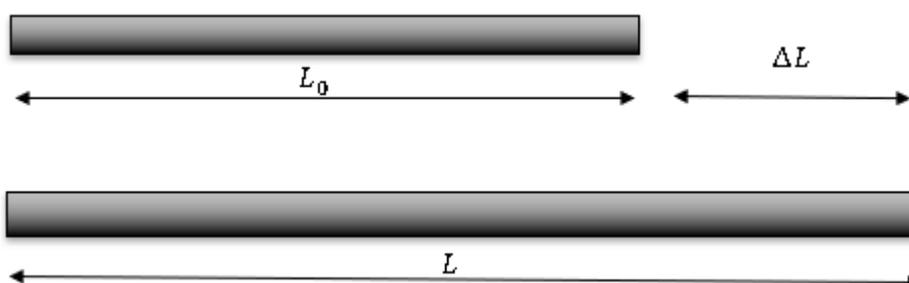


Figura 19: Dilatação linear de uma barra

O comprimento final da barra pode ser escrito em função da variação de temperatura, do comprimento inicial da barra e de uma constante de proporcionalidade α .

$$L - L_0 = L_0 \cdot \alpha \cdot (T - T_0)$$

$$\boxed{\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T}$$

A constante de proporcionalidade α é chamada de **coeficiente de dilatação linear**.

3 – Dilatação superficial

Agora, considere uma placa de área A_0 a uma temperatura inicial T_0 . A placa recebe uma quantidade de calor e atinge uma área A e uma temperatura T .

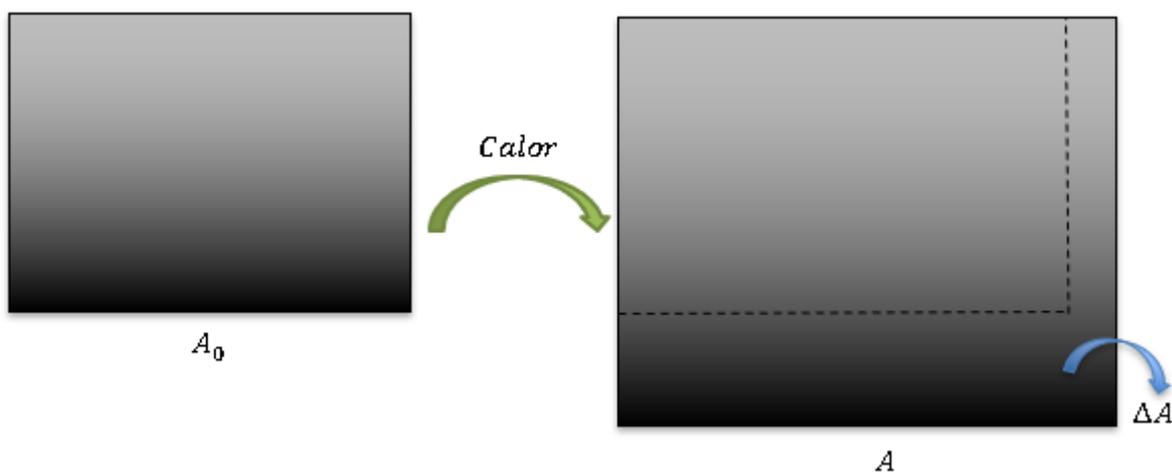


Figura 20: Dilatação superficial

A área final da placa pode ser escrita em função da variação de temperatura, da área inicial da placa e de uma constante de proporcionalidade β .

$$A - A_0 = A_0 \cdot \beta \cdot (T - T_0)$$

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

A constante de proporcionalidade β é chamada de **coeficiente de dilatação superficial**. Além disso, podemos escrever essa constante em função do coeficiente de dilatação linear α dessa placa.

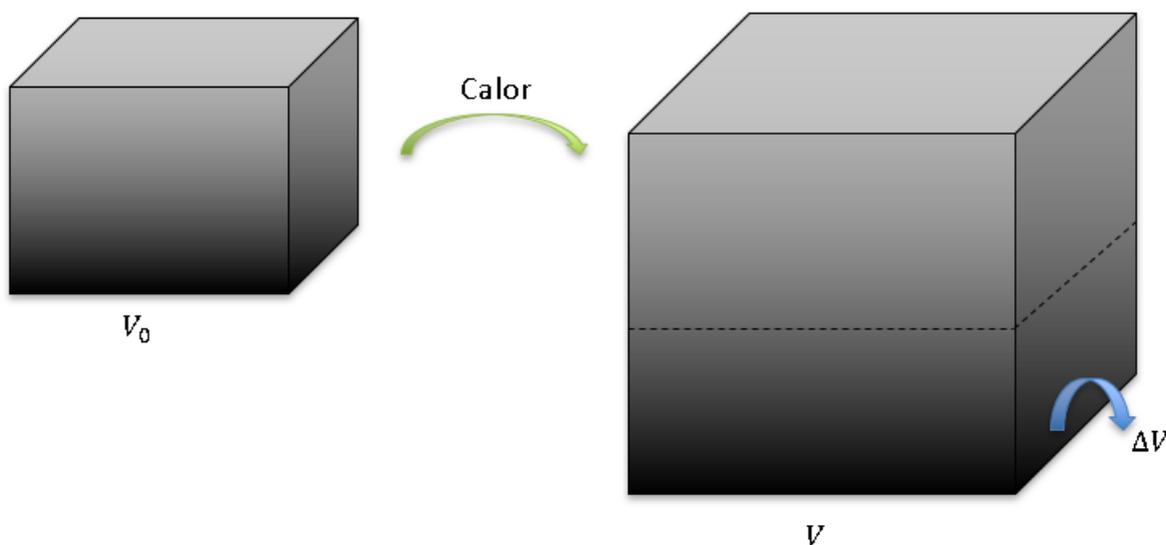
$$2\alpha = \beta$$

Dessa maneira, podemos reescrever a expressão da dilatação como:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T$$

3 – Dilatação Volumétrica

Por fim, considere um paralelepípedo de volume V_0 a uma temperatura inicial T_0 . O paralelepípedo recebe uma quantidade de calor e atinge um volume V e uma temperatura T .



O volume final do paralelepípedo pode ser escrito em função da variação de temperatura, do volume inicial do paralelepípedo e de uma constante de proporcionalidade γ .

$$V - V_0 = V_0 \cdot \gamma \cdot (V - V_0)$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

A constante de proporcionalidade γ é chamada de **coeficiente de dilatação volumétrica**. Podemos expressar γ em função do coeficiente de dilatação linear (α) e do coeficiente de dilatação superficial β .

$$\frac{\alpha}{1} = \frac{\beta}{2} = \frac{\gamma}{3}$$

Dessa maneira, podemos reescrever a expressão da dilatação como:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T$$

Ou,

$$\Delta V = V_0 \cdot \frac{3\beta}{2} \cdot \Delta T$$

Exemplo 10: Marque nas opções abaixo qual grandeza não interfere na dilatação dos sólidos:

- a) Natureza do material
- b) Comprimento inicial do sólido
- c) Variação de temperatura sofrida pelo sólido
- d) Tempo em que o sólido fica exposto à fonte de calor.

Comentário:

A dilatação térmica não depende do tempo exposto ao calor. O tempo não é contabilizado e não faz nenhuma diferença para o fenômeno de distanciamento das partículas.

Exemplo 11: Um cubo de metal é aquecido de 20 °C até 23°C. O coeficiente de dilatação térmica linear do metal é $\alpha = 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. O volume inicial do cubo, a temperatura de 20 °C, vale 3 m³. Qual foi a variação de volume do cubo?

Comentários:

A expressão de dilatação volumétrica é dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

Note que ele não forneceu γ . O valor fornecido foi o α . A dilatação em função α é dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T$$

Substituindo os valores, temos:

$$\Delta V = 3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 27 \cdot 10^{-6}$$

$$\boxed{\Delta V = 27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}$$



8 – Dilatação térmica dos líquidos

O volume de um líquido é determinado a partir do volume ocupado por ele em um determinado recipiente que ocupa.

1 – Dilatação aparente

Considere um recipiente de um determinado material com coeficiente de dilatação volumétrica $\gamma_{\text{Recipiente}}$. Coloca-se um líquido de coeficiente de dilatação volumétrica $\gamma_{\text{Líquido}}$ até que ele ocupe todo o volume do recipiente. Ao lado do recipiente, um frasco vazio é posicionado.

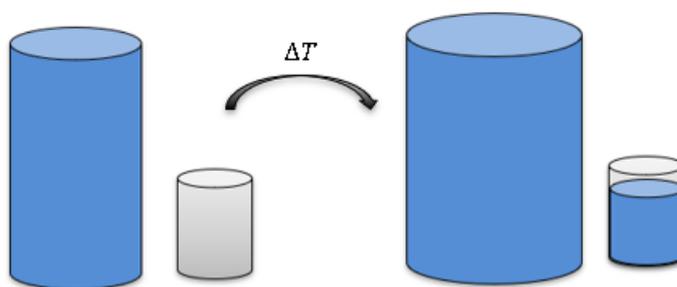


Figura 21: Dilatação aparente de um líquido.

O conjunto é aquecido e tem uma variação de temperatura de ΔT . Tanto o recipiente, quanto o líquido variaram seu volume. Note que o excesso de líquido cai sobre o frasco ao lado (figura 21). Desejamos saber qual foi a variação real de volume de líquido, isto é, o volume de líquido que caiu no frasco ao lado do recipiente. Para isso, devemos realizar a seguinte operação:

$$\Delta V_{\text{real}} = \Delta V_{\text{aparente, líquido}} + \Delta V_{\text{frasco}}$$

$$V_0 \cdot \gamma_{\text{Líquido}} \cdot \Delta T = V_0 \cdot \gamma_{\text{aparente}} \cdot \Delta T + V_0 \cdot \gamma_{\text{frasco}} \cdot \Delta T$$

$$\gamma_{\text{Líquido}} = \gamma_{\text{aparente}} + \gamma_{\text{frasco}}$$

A relação acima nos mostra que o coeficiente de dilatação real do líquido é igual à soma do seu coeficiente de dilatação aparente com o coeficiente de dilatação do frasco que o contém.

2 – Massa específica

A definição de massa específica é a razão entre a massa do corpo e o volume de material.

$$\mu = \frac{m}{V}$$

Se um corpo é aquecido ou resfriado, a massa dele permanece a mesma, isto é, para qualquer variação de temperatura, a massa é um valor constante. Entretanto, o volume de material varia com a temperatura, como foi visto nos tópicos acima. Considere que a uma temperatura T_0 o corpo tenha uma densidade μ_0 .

$$\mu_0 = \frac{m}{V_0}$$

Ao aquecer ou resfriar o corpo, atingindo uma temperatura T , o volume varia da seguinte forma:

$$\Delta V = V - V_0 = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

Assim, a densidade do corpo a uma temperatura T é dada por:

$$\mu = \frac{m}{V}$$

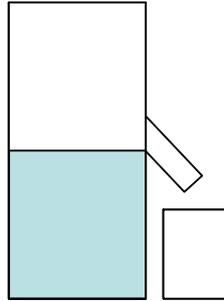
$$\mu = \frac{m}{V_0 + V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T}$$

$$\mu = \frac{m}{V_0(1 + \gamma \cdot \Delta T)}$$

$$\boxed{\mu = \frac{\mu_0}{1 + \gamma \cdot \Delta T}}$$

Note, na expressão acima, que a massa específica é inversamente proporcional à variação positiva da temperatura. Assim, se a temperatura do corpo aumentar, o corpo diminui sua massa específica.

Exemplo 12: Um recipiente especial é preenchido até o gargalo de extravasamento conforme indica a figura, sob temperatura de 20 °C. A seguir, o conjunto é aquecido até 120 °C e 0,3% do líquido extravasa. Durante o processo, analisando-se a escala lateral do recipiente, verifica-se que ela sofreu uma dilatação de 0,4%. Qual é o coeficiente de dilatação do líquido?



Comentários:

Temos a seguinte relação dos volumes:

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{aparente, líquido} + \Delta V_{frasco}$$

$$V_0 \cdot \gamma_{Líquido} \cdot \Delta T = V_0 \cdot \gamma_{aparente} \cdot \Delta T + V_0 \cdot \gamma_{frasco} \cdot \Delta T$$

$$\gamma_{Líquido} = \gamma_{aparente} + \gamma_{frasco} \quad (eq1)$$

A dilatação do recipiente foi dado por:

$$\Delta V_{frasco} = V_0 \cdot \gamma_{frasco} \cdot \Delta T$$

Entretanto, o enunciado fornece a dilatação em função de sua medida linear:

$$\Delta l_{frasco} = l_0 \cdot \alpha_{frasco} \cdot \Delta T$$

$$\frac{0,4}{100} \cdot l_0 = l_0 \cdot \alpha_{frasco} \cdot 100$$

$$\alpha_{frasco} = 4 \cdot 10^{-5}$$

Deste modo, temos:

$$\gamma_{frasco} = 3 \cdot \alpha_{frasco} = 12 \cdot 10^{-5} \quad (eq2)$$

O líquido extravasa 0,3%. Assim, temos:

$$\frac{0,3}{100} \cdot V_0 = V_0 \cdot \gamma_{aparente} \cdot 100$$

$$\gamma_{aparente} = 3 \cdot 10^{-5} \quad (eq3)$$

Dessa maneira, das equações 1, 2 e 3, temos:

$$\gamma_{\text{Líquido}} = \gamma_{\text{aparente}} + \gamma_{\text{frasco}}$$

$$\gamma_{\text{Líquido}} = 3 \cdot 10^{-5} + 12 \cdot 10^{-5}$$

$$\boxed{\gamma_{\text{Líquido}} = 15 \cdot 10^{-5}}$$

UFAAAAA !!!

Chegamos ao fim da parte teórica 😊. Se você ficou com alguma dúvida, volte e releia a teoria e os exemplos resolvidos. Tome uma pause e vá com força total para o exercícios!



9. Lista de Questões



1. (Colégio Naval - 2018)

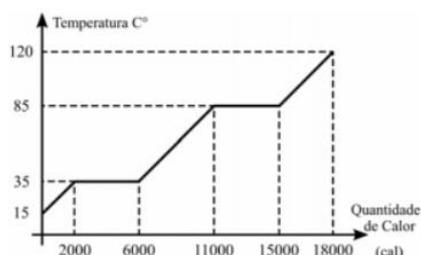
Considere 2L de água pura líquida a uma temperatura inicial de 30°C. Fornecendo certa quantidade de energia sob a forma de calor, ela se aquece até atingir os 40°C. Supondo que toda a energia fornecida à água fosse utilizada para elevar uma pedra de 5 kg a partir do solo (0 m) a fim de posicioná-la em repouso a certa altura do solo, que altura máxima seria essa? Despreze o atrito com o ar e qualquer outra troca de calor da água com o meio ambiente além da mencionada.

Dados: $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$, $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) 240 m
- b) 840 m
- c) 1.680 m
- d) 2.360 m
- e) 3.200 m

2. (EEAR - 2018)

A figura a seguir mostra a curva de aquecimento de uma amostra de 200g de uma substância hipotética, inicialmente a 15°C, no estado sólido, em função da quantidade de calor que esta recebe.



Determine o valor aproximado do calor latente de vaporização da substância, em cal/g.

- a) 10



- b) 20
- c) 30
- d) 40

3. (EEAR - 2018)

Duas porções de líquidos A e B, de substâncias diferentes, mas de mesma massa, apresentam valores de calor específico respectivamente iguais a $0,58 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$. Se ambas receberem a mesma quantidade de calor sem, contudo, sofrerem mudanças de estado físico, podemos afirmar corretamente que:

- a) a porção do líquido A sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido B.
- b) a porção do líquido B sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido A.
- c) as duas porções, dos líquidos A e B, sofrerão a mesma variação de temperatura.
- d) as duas porções, dos líquidos A e B, não sofrerão nenhuma variação de temperatura.

4. (EEAR - 2016)

Segundo Bonjorno & Clinton, em seu livro Física, História e Cotidiano, “O nível de energia interna de um corpo depende da velocidade com que as partículas se movimentam. Se o movimento é rápido, o corpo possui um alto nível de energia interna. Se o movimento é lento, o corpo tem um nível de energia interna baixo”. Investigando-se microscopicamente um corpo, com foco no grau de agitação de suas partículas, podemos medir indiretamente seu (sua) _____, que será obtido(a) com o uso de um _____.

- a) temperatura – calorímetro
- b) temperatura – termômetro
- c) quantidade de calor – termômetro
- d) coeficiente de dilatação linear – calorímetro

5. (EEAR - 2012)

Um sistema armazena 500 litros de água a 20°C , na pressão ambiente. Para esse sistema atingir a temperatura de 80°C , na pressão ambiente, deverá ser transmitido ao mesmo, a quantidade de calor de _____ cal.

Considere: Calor específico da água = $1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$;

Densidade da água = 1 g/cm^3



- a) $30 \cdot 10^3$
- b) $30 \cdot 10^6$
- c) $40 \cdot 10^3$
- d) $40 \cdot 10^6$

6. (EEAR - 2012)

Considere 2 corpos de mesmo material que ao absorverem a mesma quantidade de calor apresentam diferentes variações de temperatura. Esse fato pode ser explicado, corretamente, pelo conceito de

- a) Calor latente
- b) Ponto de fusão
- c) Calor específico
- d) Capacidade térmica ou calorífica

7. (Colégio Naval - 2017)

Durante uma avaliação de desempenho físico, um candidato percorreu, em 12 min, a distância de 2400 metros e consumiu uma energia total estimada em 160 kcal.

Supondo que a energia consumida nessa prova possa ser usada integralmente no aquecimento de 50 kg de água, cujo calor específico vale $1 \text{ cal} / \text{g} \text{ } ^\circ\text{C}$, é correto afirmar que a variação da temperatura da água, na escala Fahrenheit, e a velocidade média do candidato valem, respectivamente:

- a) $5,76 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- b) $5,76 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 14 km/h
- c) $4,28 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- d) $3,20 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- e) $3,20 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 14 km/h

8. (EAM - 2017)

Quantas calorias são necessárias para aquecer 500g de certa substância de 20°C a 70°C ?

Dados: $c_{\text{água}} = 0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$;



- a) 3000 calorias
- b) 4000 calorias
- c) 5000 calorias
- d) 6000 calorias
- e) 7000 calorias

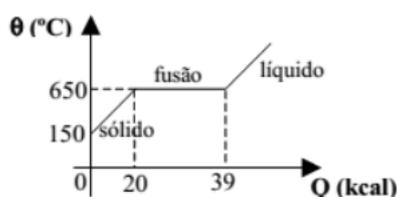
9. (EAM - 2017)

A termologia é a parte da física que estuda os fenômenos ligados à energia térmica. Dentre os conceitos relacionados aos fenômenos térmicos, marque a opção INCORRETA :

- a) Temperatura é a grandeza que mede o estado de agitação das moléculas de um corpo.
- b) Calor é a sensação que se tem quando o dia está muito quente.
- c) Fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido.
- d) Convecção é a principal forma de transmissão do calor através dos fluídos (líquidos e gases).
- e) Transformação isométrica é aquela que ocorre sem alteração do volume ocupado pelo gás.

10. (EEAR - 2012)

Em um laboratório de Física, 200g de uma determinada substância, inicialmente sólida, foram analisados e os resultados foram colocados em um gráfico da temperatura em função do calor fornecido à substância, conforme mostrado na figura a seguir. Admitindo que o experimento ocorreu à pressão normal (1 atm), determine, respectivamente, o valor do calor específico no estado sólido, em $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ e o calor latente de fusão, em cal/g, da substância.



- a) 0,2 e 95
- b) 2,0 e 95
- c) 0,5 e 195
- d) 0,67 e 195

11. (EEAR - 2009)

Considere o seguinte enunciado: “Se um corpo 1 está em equilíbrio térmico com um corpo 2 e este está em equilíbrio térmico com um corpo 3, então, pode-se concluir corretamente que o corpo 1 está em equilíbrio térmico com o corpo 3”. Esse enunciado refere-se

- a) Ao ponto triplo da água.
- b) A lei zero da Termodinâmica.
- c) Às transformações de um gás ideal.
- d) À escala termodinâmica da temperatura.

12. (EEAR - 2011)

Calorímetros são recipientes termicamente isolados utilizados para estudar a troca de calor entre corpos. Em um calorímetro, em equilíbrio térmico com uma amostra de 100 g de água a 40 °C, é colocado mais 60 g de água a 80 °C. Sabendo que o sistema atinge uma temperatura de equilíbrio igual a 52 °C, qual a capacidade térmica, em cal/°C, deste calorímetro?

Dados: Calor específico da água = 1 cal/g°C

- a) 20
- b) 40
- c) 100
- d) 240

13. (EAM - 2016)

A termologia é a parte da Física que estuda os fenômenos determinados por energia térmica, que é a forma de energia relacionada à agitação das partículas de um corpo.

Com relação à termologia, analise as afirmativas abaixo.

I - Quanto maior a energia cinética média das partículas, menor a temperatura do corpo.

II - Para que haja transferência de calor entre dois corpos, eles devem estar a temperaturas diferentes.

III - Quanto maior o calor específico de um material, menor a quantidade de calor necessária para o material ser aquecido até determinada temperatura.

IV - No Sistema Internacional de Unidades, a quantidade de calor transferida de um corpo para outro é medida em joules.

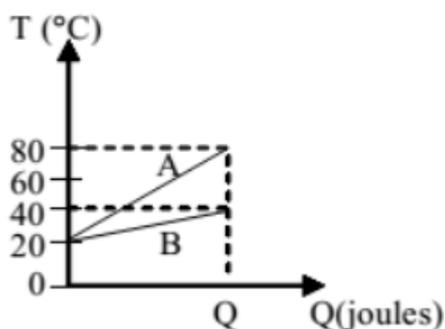


Assinale a opção correta.

- a) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
- b) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- c) Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.
- a) Apenas as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- e) Apenas as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.

14. (EEAR - 2014)

O gráfico a seguir relaciona a variação de temperatura (T) para um mesmo calor absorvido (Q) por dois líquidos A e B diferentes.



Considerando:

-massa de A = m_A ;

-massa de B = m_B ;

-calor específico de A = c_A ;

-calor específico de B = c_B .

Pode-se dizer que $\frac{m_A \cdot c_A}{m_B \cdot c_B}$ é igual a:

- a) 1/3
- b) 1/2
- c) 2
- d) 3

15. (EEAR – 2011)

As pistas de aeroportos são construídas de maneira que sua direção coincida com a dos ventos típicos da região onde se encontram, de forma que, na descida, as aeronaves estejam no sentido contrário desses ventos. Pode-se dizer, corretamente que o sentido de descida da aeronave é feito de uma região de

- a) Alta para baixa pressão devido a convecção do ar
- b) Baixa para alta pressão devido a convecção do ar
- c) Alta para baixa pressão devido a condução do ar
- d) Baixa para alta pressão devido a condução do ar

16. (EEAR – 2016 - Adaptada)

Em uma panela foi adicionada uma massa de água de 200 g a temperatura de 25°C. Para transformar essa massa de água totalmente em vapor a 100°C, qual deve ser a quantidade total de calor fornecida, em calorias?

Considere o calor específico da água: $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e o calor latente de vaporização da água $L = 540 \text{ cal/g}$.

- a) 1500
- b) 20000
- c) 100000
- d) 123000

17. (EEAR - 2016)

Um estudante irá realizar um experimento de física e precisará de 500 g de água a 0°C. Acontece que ele tem disponível somente um bloco de gelo de massa igual a 500 g e terá que transformá-lo em água. Considerando o sistema isolado, a quantidade de calor, em cal, necessária para que o gelo derreta será: Dados: calor de fusão do gelo = 80 cal/g°C

- a) 40
- b) 400
- c) 4000
- d) 40000



18. (EEAR - 2016)

Um buffet foi contratado para servir 100 convidados em um evento. Dentre os itens do cardápio constava água a 10°C . Sabendo que o buffet tinha em seu estoque 30 litros de água a 25°C , determine a quantidade de gelo, em quilogramas, a 0°C , necessário para obter água à temperatura de 10°C . Considere que a água e o gelo estão em um sistema isolado.

Dados: densidade da água = 1 g/cm^3 ;

calor específico da água = $1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$;

calor de fusão do gelo = 80 cal/g ;

calor específico do gelo = $0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5

19. (EEAR - 2015)

Considere um cubo de gelo de massa 1kg que se encontra à temperatura de -2°C . Colocado ao sol, recebe 14 J de calor a cada segundo. Dados o calor específico do gelo igual a $0,5\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ e 1 cal igual a $4,2\text{J}$. Quantos minutos o gelo deverá ficar ao sol para começar a se fundir?

- a) 0,005
- b) 0,5
- c) 5
- d) 50

20. (Colégio Naval - 2013)

A sensação de contato com algo gelado que é sentida ao passar um algodão embebido em álcool em temperatura ambiente na mão é um fenômeno atribuído a

- a) Sublimação do álcool.
- b) Insolubilidade do álcool em água.
- c) Mudança de estado do álcool, que é um fenômeno exotérmico.
- d) Liquefação do álcool.
- e) Evaporação do álcool, que é um fenômeno endotérmico.



21. (EEAR - 2018)

Roberto, empolgado com as aulas de Física, decide construir um termômetro que trabalhe com uma escala escolhida por ele, a qual chamou de escala R. Para tanto, definiu -20°R como ponto de fusão do gelo e 80°R como temperatura de ebulição da água, sendo estes os pontos fixos desta escala. Sendo R a temperatura na escala criada por Roberto e C a temperatura na escala Celsius, e considerando que o experimento seja realizado ao nível de mar, a expressão que relaciona corretamente as duas escalas será:

a) $C = R - 20$

b) $C = R + 20$

c) $C = \frac{R+20}{2}$

d) $C = \frac{R-20}{2}$

22. (EAM-2012)

O local onde se renne o sistema de propulsão de um navio é chamado de praça de máquinas. A caldeira é um dos equipamentos mais comuns nas embarcações como os porta-aviões. Um operador desse tipo de sistema aferiu a temperatura de uma caldeira em 842°F . Qual o valor dessa temperatura na escala Celsius?

a) 300°C

b) 350°C

c) 400°C

d) 450°C

e) 500°C

23. (CN - 2018)

Sobre calor, luz, som, analise as afirmativas abaixo e assinale a opção que apresenta o conceito correto.

a) Temperatura é a energia contida em um corpo aquecido.

b) Ao ferver água destilada em uma panela com tampa aberta e ao nível do mar, após a água atingir e permanecer em ebulição sua temperatura se mantém constante.

c) Um raio de luz se propaga em uma linha reta em meios homogêneos e opacos.

d) Um raio de luz ao atravessar de um meio material para outro tem necessariamente a sua direção e propagação e velocidade alteradas.

e) O som e a luz se propagam no vácuo.

24. (EEAR - 2016)

Um portão de alumínio retangular de 1m de largura e 2m de altura a 10°C, cujo coeficiente de dilatação linear é $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, sob o sol, atingiu a temperatura de 30°C. Qual a porcentagem aproximada de aumento de sua área após a dilatação?

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 0,3
- d) 0,4

25. (EEAR - 2009)

A maioria das substâncias tende a diminuir de volume (contração) com a diminuição da temperatura e tendem a aumentar de volume (dilatação) com o aumento da temperatura. Assim, **desconsiderando as exceções**, quando diminuimos a temperatura de uma substância tende a:

Obs: Considere a pressão constante.

- a) Diminuir.
- b) Aumentar.
- c) Manter-se invariável.
- d) Aumentar ou diminuir dependendo do intervalo de temperatura considerado.

26. (EEAR - 2013)

Um técnico em mecânica recebeu a informação que uma placa metálica de área igual a 250 cm², enviada para análise em laboratório especializado, retornara. Os resultados da análise de dilatação térmica dessa placa estavam descritos em uma tabela.

Medida inicial	Medida final	Temperatura inicial	Temperatura final
250,00 cm ²	251,00 cm ²	32 °F	212 °F

De acordo com dados da tabela acima, pode-se afirmar, corretamente, que o coeficiente de dilatação superficial, em $^\circ\text{C}^{-1}$, do material que compõe a placa vale

- a) $2,0 \cdot 10^{-5}$
- b) $2,2 \cdot 10^{-6}$
- c) $4,0 \cdot 10^{-5}$
- d) $4,4 \cdot 10^{-6}$

27. (EEAR - 2012)

Dilatação é um fenômeno térmico relativo



- a) Somente aos sólidos
- b) Somente aos fluidos
- c) Somente aos sólidos e líquidos
- d) Tanto aos sólidos, quanto aos líquidos e gases.

28. (EEAR - 2010)

Uma barra de aço, na temperatura de 59°F, apresenta 10,0 m de comprimento. Quando a temperatura da barra atingir 212°F, o comprimento final desta será de m.

Adote:

Coeficiente de dilatação linear térmica do aço: $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- a) 10,0102
- b) 10,102
- c) 11,024
- d) 11,112

29. (EEAR - 2010)

Um material de uso aeronáutico apresenta coeficiente de dilatação linear de $15 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Uma placa quadrada e homogênea, confeccionado com este material, apresenta, a 20 °C, 40 cm de lado. Qual o valor da área final desta placa, em m², quando a mesma for aquecida até 80°C?

- a) 40,036
- b) 1602,88
- c) $1602,88 \cdot 10^{-2}$
- d) $1602,88 \cdot 10^{-4}$

30. (EEAR - 2015)

Uma chapa de cobre, cujo coeficiente de dilatação linear vale $2 \cdot 10^{-5}$, tem um orifício de raio 10 cm a 25 °C. Um pino cuja área da base é 314,5 cm² a 25°C é preparado para ser introduzido no orifício da chapa. Dentre as opções abaixo, a temperatura da chapa, em °C, que torna possível a entrada do pino no orifício, é

Adote: $\pi = 3,14$

- a) 36
- b) 46
- c) 56
- d) 66



31. (EEAR - 2014)

A partir da expressão da dilatação linear ($\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$), pode-se dizer que o coeficiente de dilatação linear (α) pode possuir como unidade

- a) °C.
- b) m/°C.
- c) °C⁻¹
- d) °C/m

32. (EAM - 2014)

O Brasil é um país de dimensões continentais, por isso deve fortalecer cada vez mais sua frota de trens e metrô. O projeto dos trilhos dessas composições ferroviárias prevê espaçamentos muito pequenos entre dois trilhos consecutivos porque:

- a) Com o aumento da temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se contrair ocupando o espaço vazio entre eles.
- b) Com a diminuição de temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se dilatar ocupando o espaço vazio entre eles.
- c) Com a variação de temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se contrair ocupando o espaço vazio entre eles.
- d) Se a temperatura aumentar durante o dia, cada trilho irá se dilatar e ocupar os pequenos espaços vazios sabiamente projetados.
- e) Se a temperatura diminuir durante o dia, cada trilho irá se contrair até tornar o espaçamento suficientemente grande para uma passagem segura da composição ferroviária.

33. (EAM - 2012)

A figura a seguir representa uma lâmina bimetálica composta de duas lâminas de ligas metálicas fixadas entre si: Invar (níquel e ferro) e latão (cobre e zinco).



Essas lâminas são bastante usadas em disjuntores elétricos e, ao serem aquecidas, encurvam-se com a função de abrir um circuito. Esse encurvamento das lâminas é causado pelo fato de:

- a) Uma ser condutora de calor, e a outra ser isolante.
- b) Uma delas apresentar maior flexibilidade que a outra.

- c) Elas apresentarem resistências elétricas diferentes.
- d) Uma ser condutora de eletricidade, e a outra ser isolante.
- e) Elas sofrerem diferentes dilatações térmicas.

34. (EAM - 2015)

Considere uma certa quantidade de água, inicialmente no estado sólido. Aquecendo gradativamente de forma homogênea toda essa quantidade de água, ela passa para o estado líquido e, mantendo-se o mesmo regime de aquecimento, a mesma passa do estado líquido para o gasoso. Sobre as propriedades da água nos referidos estados físicos e sobre os processos de mudança de estado físico, pode-se afirmar que:

- a) O processo de mudança do estado sólido para o estado líquido chama-se fusão.
- b) O processo de mudança do estado sólido para o estado líquido chama-se liquefação.
- c) A densidade da água no estado sólido é maior que no estado líquido.
- d) O processo de mudança do estado líquido para o estado gasoso chama-se condensação.
- e) No processo de mudança do estado sólido para o estado líquido, a água perde calor.

35. (Colégio Naval - 2019)

Em relação aos conceitos de mecânica, hidrostática e termologia, assinale a opção correta.

- a) A transferência de calor por condução e convecção é possível através do vácuo.
- b) Quando uma pessoa toca com o dedo em um bloco de gelo, o frio flui do gelo para a pessoa.
- c) Ao tocar em uma porta de madeira e em sua maçaneta de metal uma pessoa nota diferentes sensações térmicas, por exemplo, que a maçaneta está mais fria do que a porta.
- d) A energia potencial gravitacional depende da escolha do referencial adotado.
- e) O módulo do empuxo exercido por um líquido sobre um corpo totalmente submerso nesse líquido é sempre igual ao módulo do peso do corpo.

36. (EAM - 2019)

Um termômetro registra a temperatura de 932°F. Converta esse valor para a escala Celsius e marque a opção correta.

Dados: pontos fixos de fusão e ebulição, respectivamente, nas escalas Celsius (0°C e 100°C) e Fahrenheit (32 °F e 212 °F), sob pressão normal.

- a) 100
- b) 200
- c) 300



- d) 400
- e) 500

37. (EAM - 2018)

Três termômetros são colocados num mesmo líquido e, atingido o equilíbrio térmico, o graduado na escala Celsius registra 45°C. Os termômetros graduados nas escalas Kelvin e Fahrenheit, respectivamente, devem registrar que valores?

- a) 218 K e 113 °F
- b) 318 K e 223 °F
- c) 318 K e 223 °F
- d) 588 K e 313 °F
- e) 628 K e 423 °F

38. (EEAR - 2006)

A quantidade de calor que é preciso fornecer ao corpo para que haja mudança em sua temperatura, denomina-se calor

- a) Sensível
- b) Estável
- c) Latente
- d) Interno

39. (EEAR - 2009)

Um equipamento eletrônico foi entregue na Sala de Física da Escola de Especialistas de Aeronáutica, porém, na etiqueta da caixa estava escrito que o equipamento deveria funcionar sob uma temperatura de 59°F. Logo, os professores providenciaram um sistema de refrigeração, que deveria ser ajustado em valores na escala Celsius. Portanto, a temperatura correta que o sistema deve ser ajustado, em °C, é de:

- a) 15,0
- b) 32,8
- c) 42,8
- d) 59,0

40. (EEAR - 2010)

As trocas de energia térmica envolvem processos de transferências de calor. Das alternativas a seguir, assinale a única que **não** se trata de um processo de transferência de calor.



- a) Ebulição
- b) Radiação
- c) Condução
- d) Convecção



10. Gabarito

1.C

2.B

3.A

4.B

5.B

6.D

7.A

8.C

9.B

10.A

11.B

12.B

13.B

14.A

15.A

16.D

17.D

18.D

19.C

20.E

21.B

22. D

23. B



24. A

25. B

26. C

27. D

28. A

29. D

30. D

31. C

32. D

33. E

34. A

35. C

36. E

37. B

38. A

39. A

40. A



11. Lista de Questões Resolvidas e Comentadas

1. (Colégio Naval - 2018)

Considere 2L de água pura líquida a uma temperatura inicial de 30°C. Fornecendo certa quantidade de energia sob a forma de calor, ela se aquece até atingir os 40°C. Supondo que toda a energia fornecida à água fosse utilizada para elevar uma pedra de 5 kg a partir do solo (0 m) a fim de posicioná-la em repouso a certa altura do solo, que altura máxima seria essa? Despreze o atrito com o ar e qualquer outra troca de calor da água com o meio ambiente além da mencionada.

Dados: $d_{\text{água}} = 1 \text{ g/cm}^3$, $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$; $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) 240 m
- b) 840 m
- c) 1.680 m
- d) 2.360 m
- e) 3.200 m

Comentário:

Inicialmente, vamos calcular a energia fornecido para a água:

A densidade da água é de $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ g/mL}$, pois $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$. Dessa forma, a massa de água contida em $2L = 2.000 \text{ mL}$ de água é:

$$m_{\text{água}} = \frac{V}{d} = \frac{2.000}{1} = 2.000 \text{ g}$$
$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Sendo $c = \frac{1 \text{ cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ e $\Delta\theta = 40 - 30 = 10^\circ\text{C}$, temos:

$$Q_{\text{água}} = 2000 \cdot 1 \cdot 10 = 20.000 \text{ cal}$$

Vamos expressar essa grandeza em Joules, unidade do S.I, uma vez que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$.

$$Q_{\text{água}} = 20000 \cdot 4,2 = 8.4000 \text{ J}$$

Toda essa energia será utilizada para levantar a pedra de 5kg, ou seja, a energia será convertida em energia potencial gravitacional:

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{pedra}} \cdot g \cdot h$$
$$8.4000 = 5 \cdot 10 \cdot h$$

Logo,

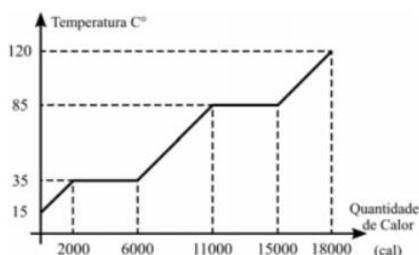
$$h = 1680 \text{ m}$$

Gabarito: C



2. (EEAR - 2018)

A figura a seguir mostra a curva de aquecimento de uma amostra de 200g de uma substância hipotética, inicialmente a 15°C, no estado sólido, em função da quantidade de calor que esta recebe.



Determine o valor aproximado do calor latente de vaporização da substância, em cal/g.

- a) 10
- b) 20
- c) 30
- d) 40

Comentário:

A substância começa no estado sólido e é aquecida até o estado gasoso. Sabemos disso porque em duas regiões do gráfico fornecido, o trecho de gráfico é um segmento de reta horizontal: Observe o gráfico entre os pontos de 2000 cal a 6000 cal e também de 11000 a 15000 cal.

Nessas regiões, a substância está recebendo calor e não está variando de temperatura: **Está mudando de fase!**

Se queremos o calor latente de vaporização, devemos olhar a quantidade de calor recebida na segunda mudança de fase: vaporização. Ou seja, o trecho entre 11000 e 15000 cal.

$$Q = 15.000 - 11.000 = 4.000 \text{ cal}$$

Mas $Q = m_{\text{substância}} \cdot L$, sendo L o calor latente de vaporização da substância.

$$4.000 = 200 \cdot L$$

$$L = 20 \text{ cal/g}$$

Gabarito: B

3. (EEAR - 2018)

Duas porções de líquidos A e B, de substâncias diferentes, mas de mesma massa, apresentam valores de calor específico respectivamente iguais a 0,58 cal/g°C e 1,0 cal/g°C. Se ambas receberem a mesma quantidade de calor sem, contudo, sofrerem mudanças de estado físico, podemos afirmar corretamente que:

- a) a porção do líquido A sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido B.
- b) a porção do líquido B sofrerá maior variação de temperatura do que a porção do líquido A.

- c) as duas porções, dos líquidos A e B, sofrerão a mesma variação de temperatura.
 d) as duas porções, dos líquidos A e B, não sofrerão nenhuma variação de temperatura.

Comentário:

Seja Q a quantidade de calor fornecida para as duas substâncias diferentes.

Para a substância 1, temos:

$$Q_A = m \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A$$

Para a substância 2, temos:

$$Q_B = m \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B$$

Sendo $c_A = 0,58 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$, $c_B = 1,0 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ e $Q_A = Q_B$:

$$m \cdot 0,58 \cdot \Delta\theta_A = m \cdot 1,0 \cdot \Delta\theta_B$$

$$\Delta\theta_B = 0,58 \cdot \Delta\theta_A$$

Logo, a variação de temperatura da substância B é menor que a variação de temperatura da substância A.

Gabarito: A**4. (EEAR - 2016)**

Segundo Bonjorno & Clinton, em seu livro Física, História e Cotidiano, “O nível de energia interna de um corpo depende da velocidade com que as partículas se movimentam. Se o movimento é rápido, o corpo possui um alto nível de energia interna. Se o movimento é lento, o corpo tem um nível de energia interna baixo”. Investigando-se microscopicamente um corpo, com foco no grau de agitação de suas partículas, podemos medir indiretamente seu (sua) _____, que será obtido(a) com o uso de um _____.

- a) temperatura – calorímetro
 b) temperatura – termômetro
 c) quantidade de calor – termômetro
 d) coeficiente de dilatação linear – calorímetro

Comentário:

Investigando o grau de agitação das partículas de um corpo, que aumenta à medida que o corpo se torna mais quente, é possível obter sua temperatura, e isso é feito utilizando-se um termômetro, que é justamente um medidor de agitação das moléculas de um corpo.

Gabarito: B**5. (EEAR - 2012)**

Um sistema armazena 500 litros de água a 20° C, na pressão ambiente. Para esse sistema atingir a temperatura de 80°C, na pressão ambiente, deverá ser transmitido ao mesmo, a quantidade de calor de _____ cal.



Considere: Calor específico da água = $1 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$;

Densidade da água = 1 g/cm^3

- a) 30.10^3
- b) 30.10^6
- c) 40.10^3
- d) 40.10^6

Comentário:

Sendo a densidade da água igual a $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \text{ g/mL}$, pois $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ mL}$, podemos calcular a massa de água contida em 500 L:

$$m_{\text{água}} = \frac{V_{\text{água}}}{d_{\text{água}}} = \frac{500}{1} = 500 \text{ g}$$

Da calorimetria, sabemos que $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, logo:

$$Q = 500 \cdot 1 \cdot 60 = 30.000 = 30.10^6 \text{ cal}$$

Gabarito: B

6. (EEAR - 2012)

Considere 2 corpos de mesmo material que ao absorverem a mesma quantidade de calor apresentam diferentes variações de temperatura. Esse fato pode ser explicado, corretamente, pelo conceito de

- a) Calor latente
- b) Ponto de fusão
- c) Calor específico
- d) Capacidade térmica ou calorífica

Comentário:

O calor específico de uma substância é uma grandeza intensiva, ou seja, não varia com as dimensões ou a massa de uma substância. Já a capacidade térmica de uma substância é uma grandeza física extensiva, que depende da massa de sua respectiva substância.

Para que 2 corpos de um mesmo material absorvendo quantidades iguais de calor apresentem diferentes variações de temperatura, esses corpos devem possuir capacidades térmicas diferentes, ou seja, massas diferentes. Diferente do calor específico, que é característica de um determinado material.

Vamos analisar as demais opções:

- b) O calor latente de um corpo define o quanto de energia ele precisa para mudar de fase;
- c) O ponto de fusão de um corpo define a temperatura em que ocorre a sua fusão;

Nenhuma dessas propriedades explica as diferentes variações de temperatura para dois corpos de um mesmo material. Portanto, a alternativa correta é a letra D.



Gabarito: D

7. (Colégio Naval - 2017)

Durante uma avaliação de desempenho físico, um candidato percorreu, em 12 min, a distância de 2400 metros e consumiu uma energia total estimada em 160 kcal.

Supondo que a energia consumida nessa prova possa ser usada integralmente no aquecimento de 50 kg de água, cujo calor específico vale $1 \text{ cal / g } ^\circ\text{C}$, é correto afirmar que a variação da temperatura da água, na escala Fahrenheit, e a velocidade média do candidato valem, respectivamente:

- a) $5,76 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- b) $5,76 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 14 km/h
- c) $4,28 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- d) $3,20 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 12 km/h
- e) $3,20 \text{ } ^\circ\text{F}$ e 14 km/h

Comentário:

Vamos inicialmente calcular a velocidade média do candidato:

$$v_{\text{média}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Mas $\Delta S = 2400 \text{ m} = 2,4 \text{ km}$ e $\Delta t = 12 \text{ min} = \frac{12}{60} = 0,2 \text{ h}$.

Portanto,

$$v_{\text{média}} = \frac{2,4}{0,2} = 12 \text{ km/h}$$

Já eliminamos então as alternativas B e E. Vamos agora calcular a variação de temperatura da água:

$$Q = m \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta = 50000 \cdot 1 \cdot \Delta\theta$$

Como $Q = 160 \text{ kcal} = 160.000 \text{ cal}$, temos:

$$160.000 = 50000 \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = 3,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Devemos lembrar então das fórmulas de conversão de temperatura. Sendo $\Delta\theta_C$ e $\Delta\theta_F$ as variações de temperatura em Celcius e em Fahrenheit, respectivamente, temos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Portanto,

$$\Delta\theta_F = 1,8 \cdot 3,2 = 5,76 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Gabarito: A



8. (EAM - 2017)

Quantas calorias são necessárias para aquecer 500g de certa substância de 20°C a 70°C?

Dados: $c_{\text{água}} = 0,24 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$;

- a) 3000 calorias
- b) 4000 calorias
- c) 5000 calorias
- d) 6000 calorias
- e) 7000 calorias

Comentário:

Sabemos que $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, logo:

$$Q = 500 \cdot 0,24 \cdot (70 - 20) = 6.000 \text{ calorias}$$

Gabarito: C

9. (EAM - 2017)

A termologia é a parte da física que estuda os fenômenos ligados à energia térmica. Dentre os conceitos relacionados aos fenômenos térmicos, marque a opção INCORRETA :

- a) Temperatura é a grandeza que mede o estado de agitação das moléculas de um corpo.
- b) Calor é a sensação que se tem quando o dia está muito quente.
- c) Fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido.
- d) Convecção é a principal forma de transmissão do calor através dos fluídos (líquidos e gases).
- e) Transformação isométrica é aquela que ocorre sem alteração do volume ocupado pelo gás.

Comentário:

Vamos analisar todas as alternativas:

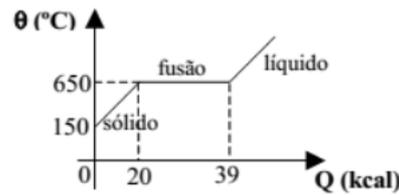
- a) Verdadeiro. A temperatura mede o grau de agitação das moléculas de um corpo.
- b) Falso, calor é energia térmica em trânsito. Nós chamamos incorretamente de calor o desconforto sentido em dias quentes, devido às altas temperaturas.
- c) Verdadeiro. Essa é a definição de fusão.
- d) Verdadeiro. Nos fluidos, as partes diferentemente aquecidas movimentam-se no interior devido às diferenças de densidades das porções quente e fria do fluido.
- e) Verdadeiro. Trata-se da definição de transformação isotérmica.

Gabarito: B

10. (EEAR - 2012)

Em um laboratório de Física, 200g de uma determinada substância, inicialmente sólida, foram analisados e os resultados foram colocados em um gráfico da temperatura em função do calor

fornecido à substância, conforme mostrado na figura a seguir. Admitindo que o experimento ocorreu à pressão normal (1 atm), determine, respectivamente, o valor do calor específico no estado sólido, em $\frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$ e o calor latente de fusão, em cal/g, da substância.



- a) 0,2 e 95
- b) 2,0 e 95
- c) 0,5 e 195
- d) 0,67 e 195

Comentário:

Vamos primeiro determinar o valor do calor específico no estado sólido. Para isso, devemos analisar a substância no estado sólido, entre 0 e 20 kcal de energia fornecida, conforme o gráfico.

Sabemos que $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$,

Pelo gráfico, $Q = 20 - 0 = 20 \text{ kcal}$ e $\Delta\theta = 650 - 150 = 500^\circ\text{C}$

Como $m = 200 \text{ g}$, temos:

$$20.000 = 200 \cdot c \cdot 500$$

$$c = 0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

Vamos agora determinar o calor latente de fusão. Basta olhar para a região do gráfico que corresponde a uma reta horizontal em que está escrito “fusão”. Nessa região, entre 20 e 39 kcal, ocorre a fusão do material.

$$Q_{\text{fusão}} = 39 - 20 = 19 \text{ kcal.}$$

Para a fusão de um corpo, temos:

$$Q_{\text{fusão}} = m_{\text{corpo}} \cdot L_{\text{fusão}}$$

$$19.000 = 200 \cdot L_{\text{fusão}}$$

Portanto,

$$L_{\text{fusão}} = 95 \text{ cal/g}$$

Gabarito: A

11. (EEAR - 2009)

Considere o seguinte enunciado: “Se um corpo 1 está em equilíbrio térmico com um corpo 2 e este está em equilíbrio térmico com um corpo 3, então, pode-se concluir corretamente que o corpo 1 está em equilíbrio térmico com o corpo 3”. Esse enunciado refere-se

- a) Ao ponto triplo da água.
- b) A lei zero da Termodinâmica.
- c) Às transformações de um gás ideal.
- d) À escala termodinâmica da temperatura.

Comentário:

Esse enunciado se trata exatamente da lei zero da termodinâmica. Vamos analisar as outras alternativas:

- a) Ponto triplo da água: Ponto em que estão em equilíbrio térmico as três fases da água.
- c) Alternativa completamente fora de contexto.
- d) Falso. A escala de temperatura mede diferentes temperaturas, que representam os graus de agitação das moléculas de um corpo.

Gabarito: B

12. (EEAR - 2011)

Calorímetros são recipientes termicamente isolados utilizados para estudar a troca de calor entre corpos. Em um calorímetro, em equilíbrio térmico com uma amostra de 100 g de água a 40 °C, é colocado mais 60 g de água a 80 °C. Sabendo que o sistema atinge uma temperatura de equilíbrio igual a 52 °C, qual a capacidade térmica, em cal/°C, deste calorímetro?

Dados: Calor específico da água = 1 cal/g°C

- a) 20
- b) 40
- c) 100
- d) 240

Comentário:

Como inicialmente o calorímetro está em equilíbrio térmico com a água, a temperatura inicial do calorímetro é de 40°C. Seja C sua capacidade térmica. Temos:

Para a água inicialmente a 40°C:

$$Q_{\text{água}40} = m_{\text{água}40} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta_1$$
$$Q_{\text{água}40} = 100 \cdot 1 \cdot (52 - 40) = 1200 \text{ cal}$$

Para a água inicialmente a 80°C:

$$Q_{\text{água}80} = m_{\text{água}80} \cdot c_{\text{água}80} \cdot \Delta\theta_2$$
$$Q_{\text{água}80} = 60 \cdot 1 \cdot (52 - 80) = -1680 \text{ cal}$$

Para o calorímetro:

$$Q_{\text{calorímetro}} = C \cdot \Delta\theta_1 = C \cdot (52 - 40) = 12C$$

Da conservação da energia, temos:



$$Q_{\text{água40}} + Q_{\text{água80}} + Q_{\text{calorímetro}} = 0$$

Logo,

$$1200 - 1680 + 12C = 0$$

$$C = 40 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

Gabarito: B

13. (EAM - 2016)

A termologia é a parte da Física que estuda os fenômenos determinados por energia térmica, que é a forma de energia relacionada à agitação das partículas de um corpo.

Com relação à termologia, analise as afirmativas abaixo.

I - Quanto maior a energia cinética média das partículas, menor a temperatura do corpo.

II - Para que haja transferência de calor entre dois corpos, eles devem estar a temperaturas diferentes.

III - Quanto maior o calor específico de um material, menor a quantidade de calor necessária para o material ser aquecido até determinada temperatura.

IV - No Sistema Internacional de Unidades, a quantidade de calor transferida de um corpo para outro é medida em joules.

Assinale a opção correta.

Apenas a afirmativa I é verdadeira.

b) Apenas as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

c) Apenas as afirmativas I e III são verdadeiras.

Apenas as afirmativas II e IV são verdadeiras.

e) Apenas as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.

Comentário:

Vamos analisar todas as afirmativas:

I. Falso. Quanto maior a energia cinética das partículas, maior o seu grau de agitação. Logo, maior é a temperatura do corpo.

II. Verdadeiro. É a diferença de temperatura que causa o fluxo de calor.

III. Falso. O calor específico é descrito pela expressão $c = \frac{Q}{(m\Delta\theta)}$. Logo, quanto maior o calor específico (c), maior a quantidade de calor (Q) necessária para o aquecimento do material.

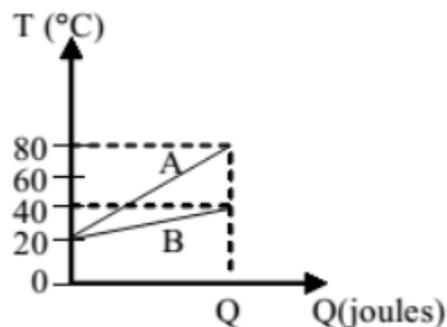
IV. Verdadeiro, por definição.

Gabarito: D



14. (EEAR - 2014)

O gráfico a seguir relaciona a variação de temperatura (T) para um mesmo calor absorvido (Q) por dois líquidos A e B diferentes.



Considerando:

-massa de A = m_A ;

-massa de B = m_B ;

-calor específico de A = c_A ;

-calor específico de B = c_B .

Pode-se dizer que $\frac{m_A \cdot c_A}{m_B \cdot c_B}$ é igual a:

- a) 1/3
- b) 1/2
- c) 2
- d) 3

Comentário:

Vamos analisar os aquecimentos dos corpos A e B de 0 a 20 °C e a 80°C, respectivamente:

Corpo A:

$$Q_A = m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta_A = m_A \cdot c_A \cdot (80 - 20) = 60m_A \cdot c_A$$

Corpo B:

$$Q_B = m_B \cdot c_B \cdot \Delta\theta_B = m_B \cdot c_B \cdot (40 - 20) = 20m_B \cdot c_B$$

Como o calor absorvido pelos dois corpos é igual, como menciona o enunciado, temos:

$$60m_A \cdot c_A = 20m_B \cdot c_B$$

Logo,

$$\frac{(m_A \cdot c_A)}{m_B \cdot c_B} = 1/3$$

Gabarito: A

15. (EEAR – 2011)

As pistas de aeroportos são construídas de maneira que sua direção coincida com a dos ventos típicos da região onde se encontram, de forma que, na descida, as aeronaves estejam no sentido contrário desses ventos. Pode-se dizer, corretamente que o sentido de descida da aeronave é feito de uma região de

- a) Alta para baixa pressão devido a convecção do ar
- b) Baixa para alta pressão devido a convecção do ar
- c) Alta para baixa pressão devido a condução do ar
- d) Baixa para alta pressão devido a condução do ar

Comentário:

O tipo de transferência de calor para fluidos mostrado nessa questão é a convecção. Por isso, já eliminamos as alternativas C e D.

Para que na descida, as aeronaves estejam no sentido contrário dos ventos, eles devem estar subindo. Esse fenômeno ocorre da região de alta pressão (solo) para a região de baixa pressão (altitude do avião), por convecção.

Gabarito: A

16. (EEAR – 2016 - Adaptada)

Em uma panela foi adicionada uma massa de água de 200 g a temperatura de 25°C. Para transformar essa massa de água totalmente em vapor a 100°C, qual deve ser a quantidade total de calor fornecida, em calorias?

Considere o calor específico da água: $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e o calor latente de vaporização da água $L = 540 \text{ cal/g}$.

- a) 1500
- b) 20000
- c) 100000
- d) 123000

Comentário:

Para evaporar completamente toda a água, primeiro devemos aquecê-la até 100°C (calor sensível) e depois devemos aquecer o suficiente para que a água mude de fase (calor latente de ebulição). Logo, temos:

$$\begin{aligned}Q_{total} &= Q_{sensível} + Q_{latente} = m \cdot c \cdot \Delta\theta + m \cdot L \\Q_{total} &= 200 \cdot 1 \cdot (100 - 25) + 200 \cdot 540 \\Q_{total} &= 15.000 + 108.000 = 123.000 \text{ cal}\end{aligned}$$



Gabarito: D

17. (EEAR - 2016)

Um estudante irá realizar um experimento de física e precisará de 500 g de água a 0°C. Acontece que ele tem disponível somente um bloco de gelo de massa igual a 500 g e terá que transformá-lo em água. Considerando o sistema isolado, a quantidade de calor, em cal, necessária para que o gelo derreta será:

Dados: calor de fusão do gelo = 80 cal/g°C

- a) 40
- b) 400
- c) 4000
- d) 40000

Comentário:

Como a água que o estudante precisa deve estar a 0°C, ele deve fornecer calor ao gelo suficiente apenas para derretê-lo. Esse calor é chamado calor latente de fusão e é dado por:

$$Q = m \cdot L$$

Em que L é o calor de fusão do gelo. Logo:

$$Q = 500 \cdot 80 = 40.000 \text{ cal}$$

Gabarito: D

18. (EEAR - 2016)

Um buffet foi contratado para servir 100 convidados em um evento. Dentre os itens do cardápio constava água a 10°C. Sabendo que o buffet tinha em seu estoque 30 litros de água a 25°C, determine a quantidade de gelo, em quilogramas, a 0°C, necessário para obter água à temperatura de 10°C. Considere que a água e o gelo estão em um sistema isolado.

Dados: densidade da água = 1 g/cm³;

calor específico da água = 1 cal/g°C;

calor de fusão do gelo = 80 cal/g;

calor específico do gelo = 0,5 cal/g°C

- a) 2
- b) 3
- c) 4
- d) 5

Comentário:

O gelo deverá ser derretido (calor latente de fusão) e depois aquecido a 10°C (calor sensível). Essa energia deve vir do resfriamento dos 30 litros de água de 25°C a 10°C. Logo, temos:

Seja m a massa de gelo utilizada. Temos:

$$Q_{\text{gelo}} = Q_{\text{fusão}} + Q_{\text{aquecimento}}$$

$$Q_{\text{gelo}} = m \cdot L + m \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta$$

$$Q_{\text{gelo}} = m \cdot 80 + m \cdot 1 \cdot (10 - 0) = 90m \text{ cal}$$

Para o resfriamento da água, temos:

$$d_{\text{água}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

Logo,

$$m_{\text{água}} = \frac{V}{d_{\text{água}}} = \frac{30.000}{1} = 30.000 \text{ g}$$

$$Q_{\text{água}} = m \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta\theta = 30000 \cdot 1 \cdot (10 - 25) = -450.000 \text{ cal}$$

Da conservação da energia (sistema isolado), temos: $Q_{\text{água}} + Q_{\text{gelo}} = 0$. Logo,

$$90m - 450.000 = 0$$

$$m = 5000 \text{ g} = 5 \text{ kg}$$

Gabarito: D

19. (EEAR - 2015)

Considere um cubo de gelo de massa 1kg que se encontra à temperatura de -2°C . Colocado ao sol, recebe 14 J de calor a cada segundo. Dados o calor específico do gelo igual a $0,5 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e 1 cal igual a 4,2J. Quantos minutos o gelo deverá ficar ao sol para começar a se fundir?

- a) 0,005
- b) 0,5
- c) 5
- d) 50

Comentário:

A taxa de recebimento de calor do gelo é de 14 J/s. Logo, num tempo Δt de exposição ao sol, temos:

$$Q = 14 \cdot \Delta t \text{ J}$$

Para calcular essa taxa em calorias, devemos dividi-la por 4,2. Logo, temos:

$$Q = \frac{14}{4,2} \cdot \Delta t = \frac{10}{3} \cdot \Delta t \text{ cal}$$

Para que comece a se fundir, o gelo deve chegar a 0°C , logo deve receber uma quantidade de calor dada por:

$$Q_{\text{gelo}} = m \cdot c_{\text{gelo}} \cdot \Delta\theta = 1000 \cdot 0,5 \cdot [0 - (-2)] = 1000 \text{ cal}$$

Vamos então descobrir o tempo que o gelo leva para receber essa quantidade de calor:



$$\frac{10}{3} \cdot \Delta t = 1000$$

$$\Delta t = 300 \text{ s}$$

Como cada 1 min possui 60 s, temos:

$$\Delta t = \frac{300}{60} = 5 \text{ min}$$

Gabarito: C

20. (Colégio Naval - 2013)

A sensação de contato com algo gelado que é sentida ao passar um algodão embebido em álcool em temperatura ambiente na mão é um fenômeno atribuído a

- a) Sublimação do álcool.
- b) Insolubilidade do álcool em água.
- c) Mudança de estado do álcool, que é um fenômeno exotérmico.
- d) Liquefação do álcool.
- e) Evaporação do álcool, que é um fenômeno endotérmico.

Comentário:

Ao passarmos o algodão embebido em álcool na nossa mão, que está mais quente que o ambiente, o álcool evapora. Como esse é um processo endotérmico (absorve energia), o calor que flui das nossas mãos devido à diferença de temperatura é o responsável pela sensação de contato com algo gelado.

Esse fenômeno está descrito na letra E, que é a resposta correta.

Gabarito: E

21. (EEAR - 2018)

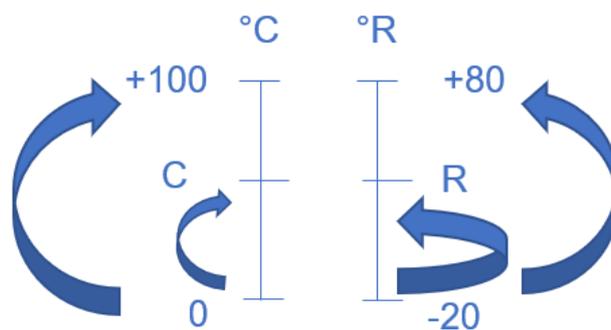
Roberto, empolgado com as aulas de Física, decide construir um termômetro que trabalhe com uma escala escolhida por ele, a qual chamou de escala R. Para tanto, definiu -20°R como ponto de fusão do gelo e 80°R como temperatura de ebulição da água, sendo estes os pontos fixos desta escala. Sendo R a temperatura na escala criada por Roberto e C a temperatura na escala Celsius, e considerando que o experimento seja realizado ao nível de mar, a expressão que relaciona corretamente as duas escalas será:

- a) $C = R - 20$
- b) $C = R + 20$
- c) $C = \frac{R+20}{2}$
- d) $C = \frac{R-20}{2}$

Comentário:

De acordo com o enunciado, construímos o esquema abaixo:





Daí, temos:

$$\frac{C - 0}{100 - 0} = \frac{R - (-20)}{80 - (-20)}$$

$$\frac{C}{100} = \frac{R + 20}{100}$$

$$C = R + 20$$

Gabarito: B

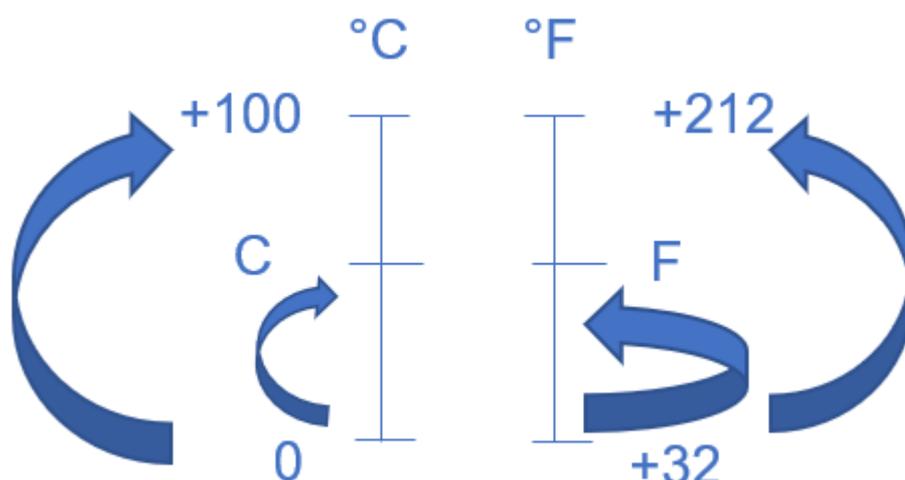
22. (EAM-2012)

O local onde se renne o sistema de propulsão de um navio é chamado de praça de máquinas. A caldeira é um dos equipamentos mais comuns nas embarcações como os porta-aviões. Um operador desse tipo de sistema aferiu a temperatura de uma caldeira em 842°F. Qual o valor dessa temperatura na escala Celsius?

- a) 300°C
- b) 350°C
- c) 400°C
- d) 450°C
- e) 500°C

Comentário:

De acordo com o enunciado, podemos montar o esquema abaixo:



Daí, temos:

$$\begin{aligned}\frac{F - 32}{212 - 32} &= \frac{C - 0}{100 - 0} \\ \frac{F - 32}{180} &= \frac{C}{100} \\ \frac{810 - 32}{9} &= \frac{C}{5} \\ \frac{778}{9} &= \frac{C}{5} \\ 90 &= \frac{C}{5} \\ C &= 450 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Gabarito: D

23. (CN - 2018)

Sobre calor, luz, som, analise as afirmativas abaixo e assinale a opção que apresenta o conceito correto.

- a) Temperatura é a energia contida em um corpo aquecido.
- b) Ao ferver água destilada em uma panela com tampa aberta e ao nível do mar, após a água atingir e permanecer em ebulição sua temperatura se mantém constante.
- c) Um raio de luz se propaga em uma linha reta em meios homogêneos e opacos.
- d) Um raio de luz ao atravessar de um meio material para outro tem necessariamente a sua direção e propagação e velocidade alteradas.



e) O som e a luz se propagam no vácuo.

Comentário:

Vamos analisar item por item:

- a) Falso. Temperatura é a medida do grau de agitação das moléculas de um corpo.
- b) Verdadeiro. Afirmação irretocável.
- c) Falso. Um raio de luz se propaga em uma linha reta apenas no vácuo.
- d) Falso. Em uma refração (nome do fenômeno descrito pelo item), eu sempre posso garantir que a velocidade de propagação se alterará, mas não posso afirmar nada sobre as outras características
- e) Falso. O som é uma onda mecânica e, como tal, só se propaga em meios materiais.

Gabarito: B

24. (EEAR - 2016)

Um portão de alumínio retangular de 1m de largura e 2m de altura a 10°C, cujo coeficiente de dilatação linear é $24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, sob o sol, atingiu a temperatura de 30°C. Qual a porcentagem aproximada de aumento de sua área após a dilatação?

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 0,3
- d) 0,4

Comentário:

Para a dilatação superficial, temos:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

Contudo, sabemos que:

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

Logo:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (30 - 10)$$

Perceba que a razão $\frac{\Delta A}{A_0}$ já representa o aumento (A) de sua área. Daí:



$$\frac{\Delta A}{A_0} = 2 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (30 - 10)$$

$$A = 48 \cdot 10^{-6} \cdot 20$$

$$A = 96 \cdot 10^{-5}$$

$$A = 0,00096$$

$$A \cong 0,001$$

Em porcentagem:

$$A = 0,1\%$$

Gabarito: A

25. (EEAR - 2009)

A maioria das substâncias tende a diminuir de volume (contração) com a diminuição da temperatura e tendem a aumentar de volume (dilatação) com o aumento da temperatura. Assim, **desconsiderando as exceções**, quando diminuimos a temperatura de uma substância tende a:

Obs: Considere a pressão constante.

- Diminuir.
- Aumentar.
- Manter-se invariável.
- Aumentar ou diminuir dependendo do intervalo de temperatura considerado.

Comentário:

Ora, da fórmula da densidade, temos:

$$d = \frac{m}{V}$$

Como, ao diminuir a temperatura, a substância tende a diminuir do volume, o denominador tende a ficar com um valor menor, o que implica que a fração terá um maior valor, ou seja, a densidade tende a aumentar, visto, também, que a massa não se altera nesse processo.

Gabarito: B

26. (EEAR - 2013)

Um técnico em mecânica recebeu a informação que uma placa metálica de área igual a 250 cm², enviada para análise em laboratório especializado, retornara. Os resultados da análise de dilatação térmica dessa placa estavam descritos em uma tabela.

Medida inicial	Medida final	Temperatura inicial	Temperatura final
250,00 cm ²	251,00 cm ²	32 °F	212 °F

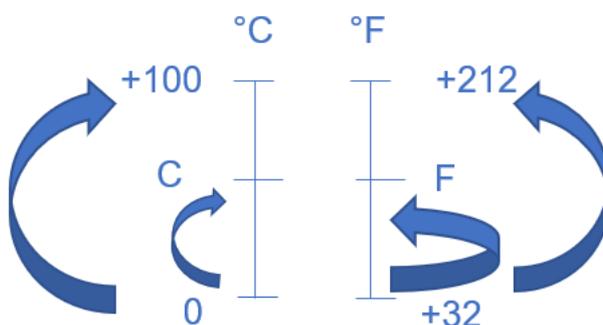


De acordo com dados da tabela acima, pode-se afirmar, corretamente, que o coeficiente de dilatação superficial, em $^{\circ}\text{C}^{-1}$, do material que compõe a placa vale

- a) $2,0 \cdot 10^{-5}$
- b) $2,2 \cdot 10^{-6}$
- c) $4,0 \cdot 10^{-5}$
- d) $4,4 \cdot 10^{-6}$

Comentário:

Como queremos trabalhar em $^{\circ}\text{C}$, vamos converter as temperaturas que estão inicialmente em $^{\circ}\text{F}$. Daí, temos:



Isso, resulta:

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

Contudo, perceba que 32°F e 212°F são justamente os pontos representativos da fusão e ebulição da água, respectivamente, à 1 atm. Logo:

$$\theta_0 = 0^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_f = 100^{\circ}\text{C}$$

Daí, vem:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

$$251 - 250 = 250 \cdot \beta \cdot (100 - 0)$$

$$1 = 25000 \cdot \beta$$

$$\beta = 4 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Gabarito: C

27. (EEAR - 2012)

Dilatação é um fenômeno térmico relativo



- a) Somente aos sólidos
- b) Somente aos fluidos
- c) Somente aos sólidos e líquidos
- d) Tanto aos sólidos, quanto aos líquidos e gases

Comentário:

A dilatação é um fenômeno relativo tanto aos sólidos, quanto aos líquidos e gases. Isso ocorre pois o fenômeno tem a ver com a variação da distância relativa entre os átomos de uma substância. Como todos os estados físicos apresentam a possibilidade de mudança nessa distância, então o fenômeno da dilatação é possível a substância, independente do seu estado físico.

Gabarito: D**28. (EEAR - 2010)**

Uma barra de aço, na temperatura de 59°F, apresenta 10,0 m de comprimento. Quando a temperatura da barra atingir 212°F, o comprimento final desta será de m.

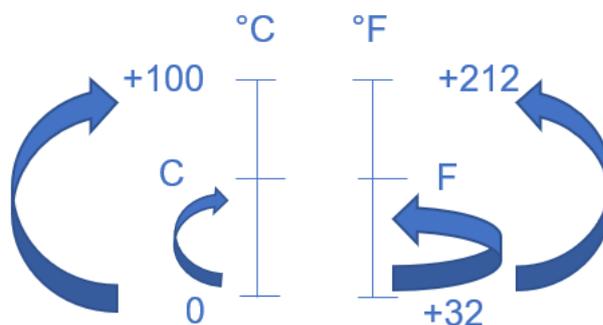
Adote:

Coeficiente de dilatação linear térmica do aço: $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

- a) 10,0102
- b) 10,102
- c) 11,024
- d) 11,112

Comentário:

Como queremos trabalhar em °C, vamos converter as temperaturas que estão inicialmente em °F. Daí, temos:



Isso, resulta:

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

Logo, para a temperatura inicial, vem:

$$\frac{59 - 32}{180} = \frac{\theta_o}{100}$$

$$\frac{27}{9} = \frac{\theta_o}{5}$$

$$\theta_o = 15^\circ C$$

Para a temperatura final, temos:

$$\frac{212 - 32}{180} = \frac{\theta_f}{100}$$

$$\frac{180}{180} = \frac{\theta_f}{100}$$

$$1 = \frac{\theta_f}{100}$$

$$\theta_f = 100^\circ C$$

Daí, temos:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$l - l_0 = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$l = l_0 + l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$l = 10 + 10 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot (100 - 15)$$

$$l = 10 + 10 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 85$$

$$l = 10,0102$$

Gabarito: A

29. (EEAR - 2010)

Um material de uso aeronáutico apresenta coeficiente de dilatação linear de $15 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Uma placa quadrada e homogênea, confeccionado com este material, apresenta, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, 40 cm de lado. Qual o valor da área final desta placa, em m^2 , quando a mesma for aquecida até 80°C ?

- a) 40,036
- b) 1602,88
- c) $1602,88 \cdot 10^{-2}$
- d) $1602,88 \cdot 10^{-4}$

Comentário:

Vamos calcular a área inicial da placa quadrada em m^2 (lembrando que $40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$)

$$S = l^2$$



$$S = 0,4^2$$

$$S = 0,16 \text{ m}^2$$

Daí, para a dilatação superficial, temos:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$$

Contudo, sabemos que:

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

Logo:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$A - A_0 = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$A = A_0 + A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$A = S + S \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

$$A = 0,16 + 0,16 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot (80 - 20)$$

$$A = 0,16 + 0,16 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 10^{-6} \cdot 60$$

$$A = 0,160288 \text{ m}^2$$

$$A = 1602,88 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Gabarito: D

30. (EEAR - 2015)

Uma chapa de cobre, cujo coeficiente de dilatação linear vale $2 \cdot 10^{-5}$, tem um orifício de raio 10 cm a 25 °C. Um pino cuja área da base é $314,5 \text{ cm}^2$ a 25°C é preparado para ser introduzido no orifício da chapa. Dentre as opções abaixo, a temperatura da chapa, em °C, que torna possível a entrada do pino no orifício, é

Adote: $\pi = 3,14$

- a) 36
- b) 46
- c) 56
- d) 66

Comentário:

Vamos calcular a área inicial do orifício:

$$A_o = \pi \cdot r^2$$

$$A_o = 3,14 \cdot 10^2$$

$$A_o = 3,14 \cdot 100$$

$$A_o = 314 \text{ cm}^2$$



A chapa precisa ter área de $314,5 \text{ cm}^2$ para que o pino consiga entrar. Logo, para a dilatação superficial, temos:

$$\Delta A = A_0 \cdot \beta \cdot \Delta\theta$$

Contudo, sabemos que:

$$\beta = 2 \cdot \alpha$$

Logo:

$$\Delta A = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$A - A_0 = A_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta\theta$$

$$314,5 - 314 = 314 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta$$

$$0,5 = 1256 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{0,5}{1256 \cdot 10^{-5}}$$

$$\Delta\theta \cong 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\theta_f - \theta_0 = 40$$

$$\theta_f - 25 = 40$$

$$\theta_f = 40 + 25$$

$$\theta_f = 65 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como essa é a temperatura limite, em qualquer temperatura acima dela será possível acoplar o pino. Logo, 66°C satisfaz.

Gabarito: D

31. (EEAR - 2014)

A partir da expressão da dilatação linear ($\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T$), pode-se dizer que o coeficiente de dilatação linear (α) pode possuir como unidade

- a) $^\circ\text{C}$.
- b) $\text{m}/^\circ\text{C}$.
- c) $^\circ\text{C}^{-1}$
- d) $^\circ\text{C}/\text{m}$

Comentário:

De modo intuitivo, vamos analisar as unidades, adotando comprimento em “m” e temperatura em “ $^\circ\text{C}$ ”, temos:



$$\Delta m = [\alpha] \cdot m \cdot \Delta T$$

$$1 = [\alpha] \cdot \Delta T$$

$$[\alpha] = \frac{1}{\Delta T}$$

$$[\alpha] = \text{°C}^{-1}$$

Gabarito: C

32. (EAM - 2014)

O Brasil é um país de dimensões continentais, por isso deve fortalecer cada vez mais sua frota de trens e metrô. O projeto dos trilhos dessas composições ferroviárias prevê espaçamentos muito pequenos entre dois trilhos consecutivos porque:

- a) Com o aumento da temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se contrair ocupando o espaço vazio entre eles.
- b) Com a diminuição de temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se dilatar ocupando o espaço vazio entre eles.
- c) Com a variação de temperatura ao longo do dia, cada trilho deve se contrair ocupando o espaço vazio entre eles.
- d) Se a temperatura aumentar durante o dia, cada trilho irá se dilatar e ocupar os pequenos espaços vazios sabiamente projetados.
- e) Se a temperatura diminuir durante o dia, cada trilho irá se contrair até tornar o espaçamento suficientemente grande para uma passagem segura da composição ferroviária.

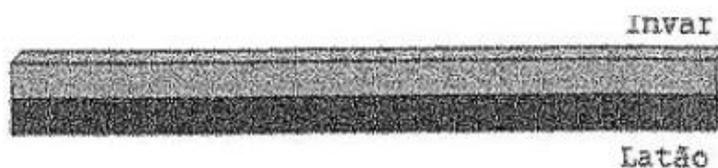
Comentário:

Quanto maior a temperatura, os trilhos se dilatarão. Logo, se eles estivessem perfeitamente ajustados eles não teriam espaço para se acomodarem, o que iria gerar danos a malha ferroviária. Por isso, os espaços são projetados para que os trilhos tenham espaço para ocupar caso a temperatura aumente ao longo do dia.

Gabarito: D

33. (EAM - 2012)

A figura a seguir representa uma lâmina bimetálica composta de duas lâminas de ligas metálicas fixadas entre si: Invar (níquel e ferro) e latão (cobre e zinco).



Essas lâminas são bastante usadas em disjuntores elétricos e, ao serem aquecidas, encurvam-se com a função de abrir um circuito. Esse encurvamento das lâminas é causado pelo fato de:

- a) Uma ser condutora de calor, e a outra ser isolante.
- b) Uma delas apresentar maior flexibilidade que a outra.
- c) Elas apresentarem resistências elétricas diferentes.
- d) Uma ser condutora de eletricidade, e a outra ser isolante.
- e) Elas sofrerem diferentes dilatações térmicas.

Comentário:

Esse encurvamento das lâminas é causado pois cada material possui um diferente coeficiente de dilatação térmica, o que resulta em uma barra dilatando mais que a outra. Desse modo, como estão fixadas entre si, uma acaba empurrando a outra por crescer mais, o que gera o efeito de curvatura nas lâminas.

Gabarito: E

34. (EAM - 2015)

Considere uma certa quantidade de água, inicialmente no estado sólido. Aquecendo gradativamente de forma homogênea toda essa quantidade de água, ela passa para o estado líquido e, mantendo-se o mesmo regime de aquecimento, a mesma passa do estado líquido para o gasoso. Sobre as propriedades da água nos referidos estados físicos e sobre os processos de mudança de estado físico, pode-se afirmar que:

- a) O processo de mudança do estado sólido para o estado líquido chama-se fusão.
- b) O processo de mudança do estado sólido para o estado líquido chama-se liquefação.
- c) A densidade da água no estado sólido é maior que no estado líquido.
- d) O processo de mudança do estado líquido para o estado gasoso chama-se condensação.
- e) No processo de mudança do estado sólido para o estado líquido, a água perde calor.

Comentário:

Vamos examinar item por item:

- a) Verdadeiro.
- b) Falso. O processo referido no item chama-se fusão.
- c) Falso. A água apresenta comportamento anômalo, apresentando densidade menor no estado sólido (basta lembrar que o gelo flutua na água).
- d) Falso. O processo referido chama-se vaporização.
- e) Falso. A água absorve calor.

Gabarito: A

35. (Colégio Naval – 2019-Adaptada)



Em relação aos conceitos de mecânica, hidrostática e termologia, assinale a opção correta.

- a) A transferência de calor por condução e convecção é possível através do vácuo.
- b) Quando uma pessoa toca com o dedo em um bloco de gelo, o frio flui do gelo para a pessoa.
- c) Ao tocar em uma porta de madeira e em sua maçaneta de metal uma pessoa nota diferentes sensações térmicas, por exemplo, que a maçaneta está mais fria do que a porta.
- d) A energia potencial gravitacional não depende da escolha do referencial adotado.
- e) O módulo do empuxo exercido por um líquido sobre um corpo totalmente submerso nesse líquido é sempre igual ao módulo do peso do corpo.

Comentário:

Vamos examinar item por item:

- a) Falso. Essas formas de transferência de calor dependem da existência de meio material.
- b) Falso. O calor sempre flui do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura.
- c) Verdadeiro.
- d) Falso, pois depende do referencial
- e) Falso, pois basta que exista uma outra força atuante para que essa igualdade não seja válida.

Gabarito: C

36. (EAM - 2019)

Um termômetro registra a temperatura de 932°F. Converta esse valor para a escala Celsius e marque a opção correta.

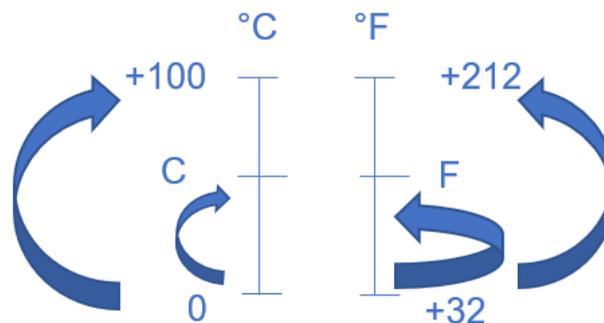
Dados: pontos fixos de fusão e ebulição, respectivamente, nas escalas Celsius (0°C e 100°C) e Fahrenheit (32 °F e 212 °F), sob pressão normal.

- a) 100
- b) 200
- c) 300
- d) 400
- e) 500

Comentário:

Vejamos:





Isso, resulta:

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

Logo, para a temperatura dada, vem:

$$\frac{932 - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\frac{900}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\frac{900}{9} = \frac{C}{5}$$

$$C = 500 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Gabarito: E

37. (EAM - 2018)

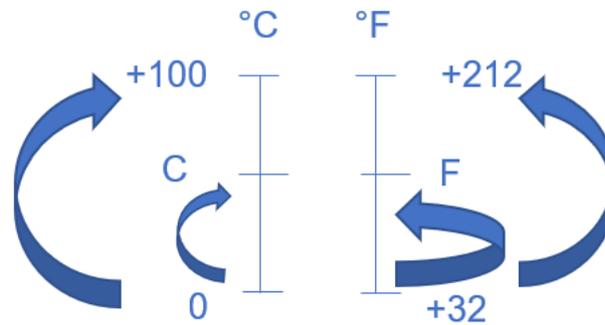
Três termômetros são colocados num mesmo líquido e, atingido o equilíbrio térmico, o graduado na escala Celsius registra 45°C . Os termômetros graduados nas escalas Kelvin e Fahrenheit, respectivamente, devem registrar que valores?

- a) 218 K e 113°F
- b) 318 K e 223°F
- c) 318 K e 223°F
- d) 588 K e 313°F
- e) 628 K e 423°F

Comentário:

Temos:





Isso, resulta:

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{45}{5}$$

$$\frac{F - 32}{9} = 9$$

$$F - 32 = 81$$

$$F = 113^\circ F$$

Por outro lado, para a conversão em K, vem:

$$T_k = T_c + 273$$

$$T_k = 45 + 273$$

$$T_k = 318 K$$

Gabarito: B

38. (EEAR - 2006)

A quantidade de calor que é preciso fornecer ao corpo para que haja mudança em sua temperatura, denomina-se calor

- a) Sensível
- b) Estável
- c) Latente
- d) Interno

Comentário:



Ora, o calor sensível é a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo para variar a sua temperatura, enquanto o calor latente é o calor envolvido em mudanças de estado físico. Logo, o item correto é o “a”.

Gabarito: A

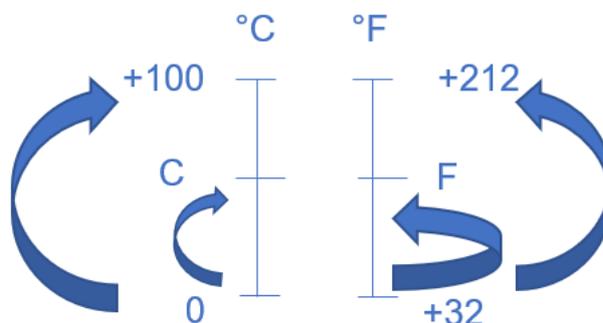
39. (EEAR - 2009)

Um equipamento eletrônico foi entregue na Sala de Física da Escola de Especialistas de Aeronáutica, porém, na etiqueta da caixa estava escrito que o equipamento deveria funcionar sob uma temperatura de 59°F. Logo, os professores providenciaram um sistema de refrigeração, que deveria ser ajustado em valores na escala Celsius. Portanto, a temperatura correta que o sistema deve ser ajustado, em °C, é de:

- 15,0
- 32,8
- 42,8
- 59,0

Comentário:

Temos:



Isso, resulta:

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{C}{100}$$

$$\frac{F - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$\frac{59 - 32}{9} = \frac{C}{5}$$

$$C = \frac{27}{9} \cdot 5$$

$$C = 3 \cdot 5$$

$$C = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Gabarito: A

40. (EEAR - 2010)

As trocas de energia térmica envolvem processos de transferências de calor. Das alternativas a seguir, assinale a única que **não** se trata de um processo de transferência de calor.

- a) Ebulição
- b) Radiação
- c) Condução
- d) Convecção

Comentário:

A ebulição não é um processo de transferência de calor, mas, sim, uma das formas da vaporização, ou seja, transferência de uma substância do estado líquido para o estado gasoso.

Gabarito: A



Considerações Finais

Querido aluno(a),

Essa aula foi extremamente importante para o pleno entendimento da terminologia. Se você está com certo receio em algum tópico, reveja toda a teoria e depois refaça os exercícios propostos. Uma valiosa dica é fazer a lista inteira e só depois olhar o gabarito com a resolução. Com isso, você se forçará a ter uma maior atenção na feitura de questões e, portanto, aumentará sua concentração no momento de prova.

Se as dúvidas persistirem, não se esqueça de acessar o Fórum de Dúvidas! Responderei suas dúvidas o mais rápido possível!



Você também pode me encontrar nas redes sociais! 😊

Conte comigo,

Vinícius Fulconi



@viniciusfulconi



vinicius.fulconi

Referências

[1] Tópicos da física 2: Volume 2 - Ricardo Helou Doca, Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas - 21. Ed - São Paulo : Saraiva, 2012.

[2] Problemas de Física Elementar: Saraeva - Editora Mir Moscou.

[3] IIT JEE Problems: Cengage.

