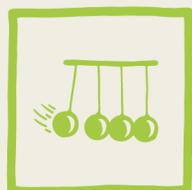


meSalva!



# CALORIMETRIA E TERMOLOGIA



MESOPOTÂMIA  
ASPECTOS CULTURAIS

AFIXOS

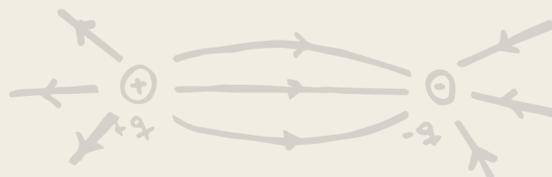
CONTROLADO

MENTE

SUFIXO

QUAL DE  
REGIÃO

CAFETERIA



MÓDULOS CONTEMPLADOS

- ✓ ICAL - Introdução e Escalas Termométricas
- ✓ CEFM - Calor e Estados Físicos da Matéria
- ✓ CSCL - Calor Sensível e Calor Latente
- ✓ TRQA - Trocas de Calor
- ✓ TRQB - Transferência de Calor
- ✓ DILT - Dilatação Térmica
- ✓ ECAL - Exercícios de Calorimetria e Termologia
- ✓ TCAL - Tópicos especiais e deduções em calorimetria
- ✓ HCAL - Exercícios nível hard de calorimetria
- ✓ PCAL - Calorimetria e termologia na prática



meSalva!



CURSO

EXTENSIVO 2017

DISCIPLINA

FÍSICA

CAPÍTULO

CALORIMETRIA E TERMOLOGIA

PROFESSORES

EDUARDO GRABIN



## CALORIMETRIA E TERMOLOGIA

E aí, galera do Me Salva!

Todos muito empolgados para estudar a Calorimetria e a Termologia? Espera aí! Antes de começarmos, vocês sabem do que isso se trata? Muito possivelmente vocês nunca ouviram falar nestes conceitos, mas tenho certeza que já observaram as aplicações deles no cotidiano!

Vá até a sua cozinha e observe a sua geladeira. Viu? Já percebeu que o congelador fica na parte de cima em praticamente todos os modelos de refrigerador? Alguma vez você já parou para pensar o porquê disso? Não? Pois então, a Física tem a explicação! O ar frio tem maior densidade. Assim, o ar do congelador desce através das correntes de convecção e ajuda a gelar os alimentos na geladeira!

E o motivo pelo qual viandas são colocadas em embalagens de isopor, você já pensou nisso? É isso mesmo que você está imaginando, a Física explica isso também!

Em resumo, nesta apostila estudaremos o calor e como ele pode ser trocado entre os corpos. Além disso, estudaremos as mudança de estado físico e a deformação que os materiais sofrem ao receber ou perder calor. E agora, interessado em aprender e ver como tudo isso é aplicado nas nossas vidas? Se prepara e vamos com tudo!

## TERMOMETRIA

O primeiro tópico que iremos estudar nesta apostila é a Termometria. Estudaremos basicamente a temperatura, seu significado físico e as formas pelas quais ela pode ser medida! Preparado para aprender? Vamos lá!

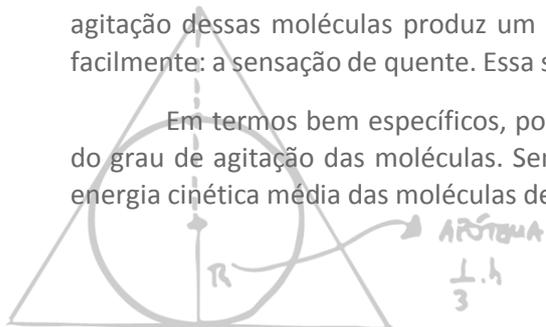
### TEMPERATURA

Você pode entender intuitivamente o que é temperatura, mas precisamos entender um pouco mais sobre o significado físico deste conceito. Concorde que toda substância é composta por moléculas? O impressionante é que, por mais que não consigamos ver isso, todas essas moléculas que compõem as substâncias estão em constante agitação! E podemos fazer uma associação com algo que vimos na apostila de Energia, lá no começo do nosso estudo da Física. Lembra que todo movimento está associado com energia cinética? Pois então, a energia gerada pela



agitação dessas moléculas produz um efeito muito conhecido e que podemos sentir facilmente: a sensação de quente. Essa sensação está justamente ligada à temperatura!

Em termos bem específicos, podemos dizer que a temperatura é uma medida do grau de agitação das moléculas. Sendo um pouco mais preciso, é uma medida da energia cinética média das moléculas de um sistema.



## ESCALAS TERMOMÉTRICAS

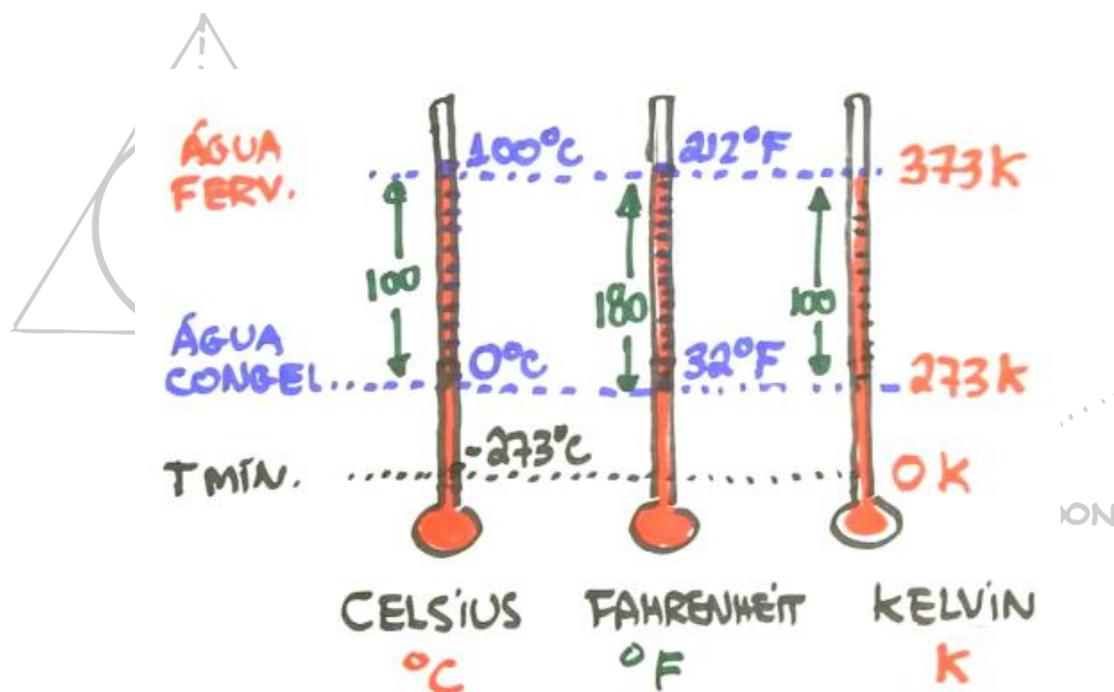
Mas espera aí, existe algum meio pelo qual podemos fazer a medida desta agitação das moléculas? Sim, existe! E tenho certeza que você conhece. A medição da temperatura de um sistema é feita através do termômetro! Mas o que é, exatamente, este termômetro? É um instrumento que associa um valor numérico a uma temperatura. Este número pode ter diferentes unidades de medição, que são chamadas de escalas termométricas.



E quais são essas escalas? A escala Celsius foi montada com base na temperatura de fusão e ebulição da água ao nível do mar. A escala Fahrenheit foi montada a partir da temperatura de fusão de uma mistura de água com amônia e da temperatura média do corpo humano. Agora vem a escala mais importante, a escala Kelvin! Ela foi montada para medir diretamente a energia das moléculas e foi escolhida de tal maneira que, quando a temperatura em Kelvin está marcando zero, é porque as moléculas têm energia zero. Esta temperatura é conhecida como zero absoluto.

Se liga na imagem abaixo, ela representa a relação da medida de temperatura em cada escala!





Comparando as escalas mostradas, podemos concluir algo extremamente importante: em graus Celsius (°C) a temperatura de 0K (zero absoluto) corresponde a -273°C.

### CONVERSÃO DE ESCALAS

E se estivermos interessados em converter os valores de temperatura de uma escala termométrica para outra? Existem relações que nos permitem fazer isto. Vamos estudá-las agora!

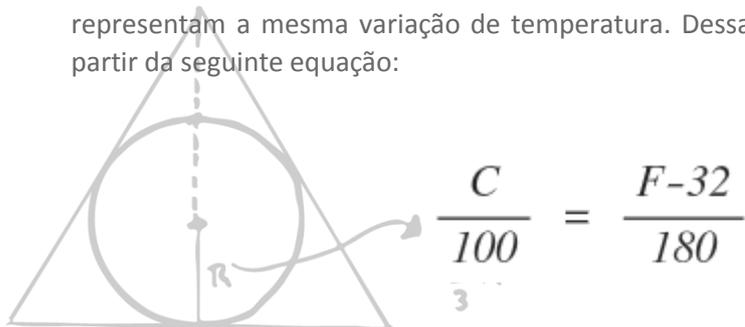
A diferença entre as escalas Celsius (C) e Kelvin (K) é simplesmente o ponto 0. Assim, podemos fazer a conversão simplesmente somando 273 ao valor da temperatura em graus Celsius.

$$K = C + 273$$

Observando a imagem das escalas lá em cima, percebemos que, para as escalas Celsius (C) e Fahrenheit (F), a diferença entre os pontos de fusão e de ebulição da água

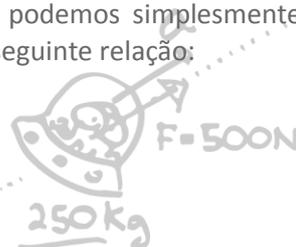


representam a mesma variação de temperatura. Dessa forma, a conversão é feita a partir da seguinte equação:

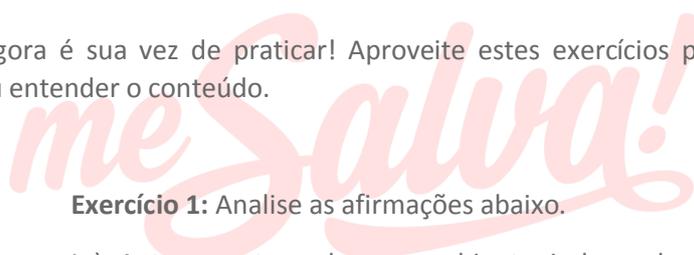


Para a conversão da escala Kelvin para Fahrenheit, podemos simplesmente utilizar as duas equações vistas anteriormente. Delas surge a seguinte relação:

$$\frac{K-273}{100} = \frac{F-32}{180}$$



Agora é sua vez de praticar! Aproveite estes exercícios para testar se você conseguiu entender o conteúdo.



**Exercício 1:** Analise as afirmações abaixo.

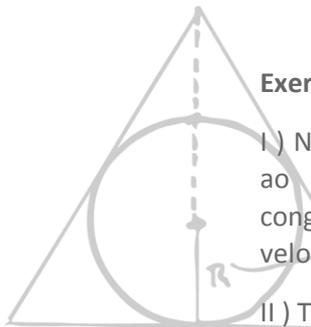
- I ) A temperatura de um ambiente independe da velocidade das moléculas, pois a energia cinética não varia com a velocidade.
- II ) Em um corpo qualquer, no qual a velocidade das moléculas é zero, a temperatura deste corpo é absolutamente zero.
- III ) A velocidade das moléculas no vapor acima de uma panela com água a 100°C é maior do que a velocidade das moléculas na panela.

De acordo com as afirmações acima, quais estão corretas?

- a) Apenas I e II
- b) Apenas I e III
- c) Apenas II e III
- d) Apenas I
- e) Todas



Correta: C



**Exercício 2:** Considere as afirmações abaixo:

I ) Na escala termométrica Celsius a marca de zero graus corresponde ao congelamento da água, então podemos afirmar que este congelamento é absoluto, uma vez que as moléculas da água não têm velocidade alguma a zero graus Celsius.

II ) Todas as escalas foram criadas com base no congelamento da água.

III ) A escala termométrica Kelvin foi criada com base na energia.

Quais afirmações estão incorretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas I e III



Correta: D

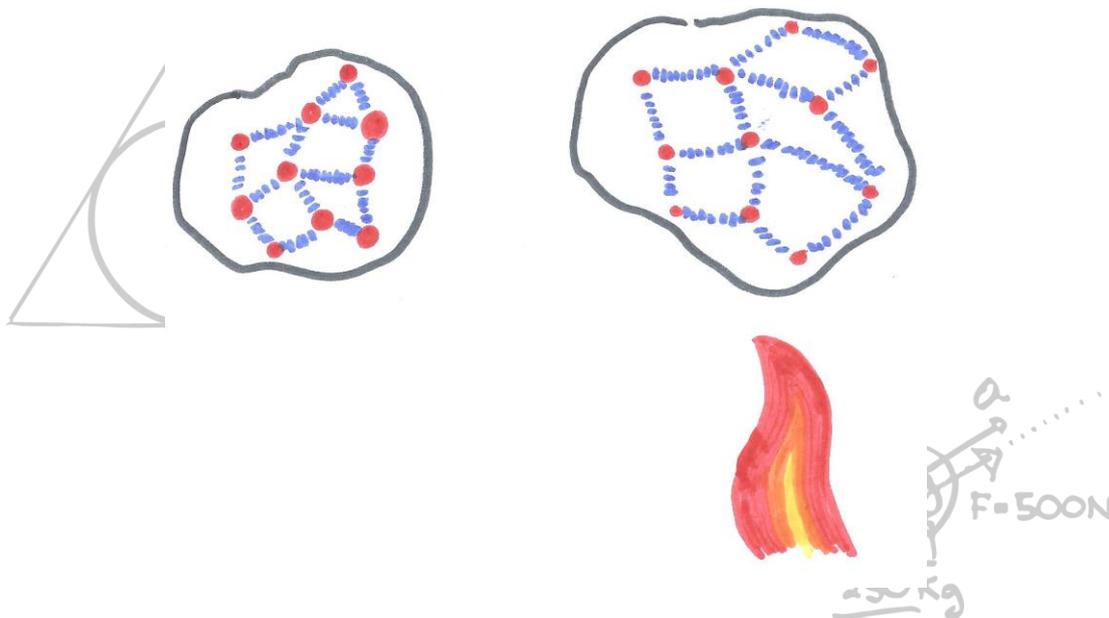
## DILATAÇÃO

Você já percebeu que em pontes, viadutos ou entre os trilhos dos trens existem pequenos espaços deixados entre as placas de concreto ou entre os trilhos de ferros? Mas por que isso é feito? Por causa da dilatação! Mas espera aí, o que é dilatação? Estudaremos isso agora!

Você sabia que as dimensões dos objetos dependem da temperatura? Muito interessante, né? É justamente nisso que o conceito de dilatação se baseia. Quando a temperatura de um objeto aumenta, as moléculas ficam mais agitadas, ocupando mais espaço, normalmente aumentando o tamanho do objeto. Da mesma maneira, quando resfriamos um objeto, as moléculas ficam menos agitadas e ocupam menos espaço, fazendo com que o objeto encolha.

Pois então, já conseguiu compreender porque existem aqueles espaços entre as lajes e também entre os trilhos dos trens? Eles servem para permitir que os materiais, quando aquecidos, possam se dilatar sem deformar ou ruir as estruturas.





**Muito cuidado!** Estudaremos isso mais adiante, mas é bom que você já saiba que existem substâncias que encolhem quando esquentam e que aumentam quando resfriadas.

## DILATAÇÃO DOS SÓLIDOS

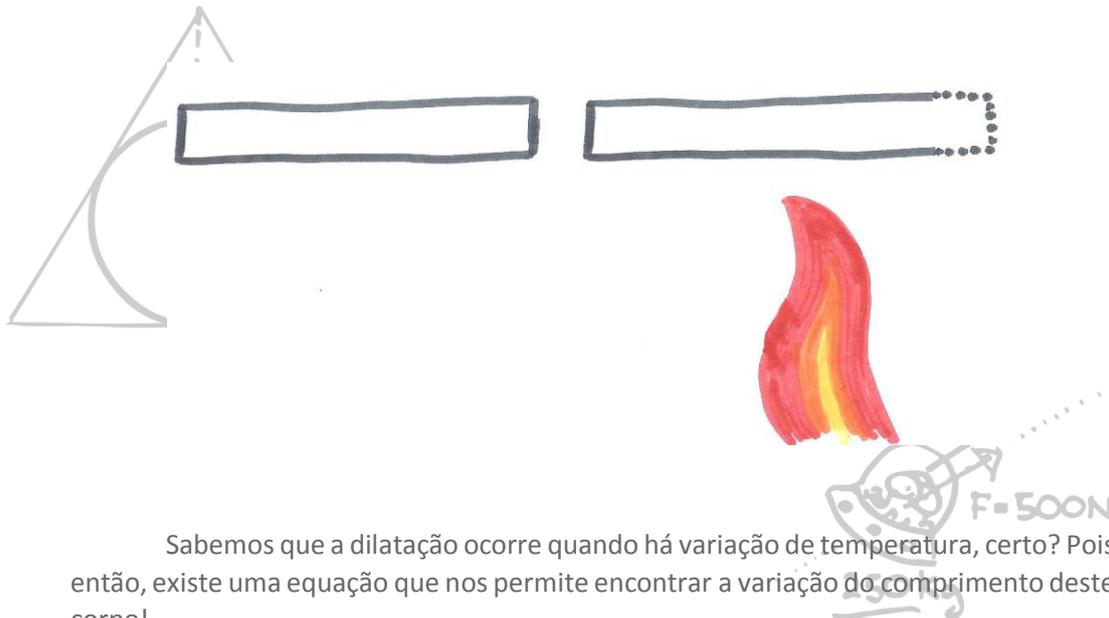
Dividiremos nosso estudo da dilatação em duas etapas. A primeira parte, que analisaremos agora, será a dilatação em sólidos. A segunda parte, envolvendo a dilatação dos líquidos, estudaremos no próximo tópico.

Quando tratamos de sólidos, podemos dividir a dilatação em três tipos. Sabemos que todos os tipos de sólidos possuem três dimensões. Assim, a dilatação pode ocorrer em uma, duas ou três dimensões.

## DILATAÇÃO LINEAR

Quando um sólido possui uma dimensão muito maior do que as outras duas (como nos casos dos trilhos de trem, que possuem o comprimento muito maior que a largura), ou quando estamos interessados na dilatação do corpo em apenas uma dimensão, utilizamos o princípio da dilatação linear.





Sabemos que a dilatação ocorre quando há variação de temperatura, certo? Pois então, existe uma equação que nos permite encontrar a variação do comprimento deste corpo!

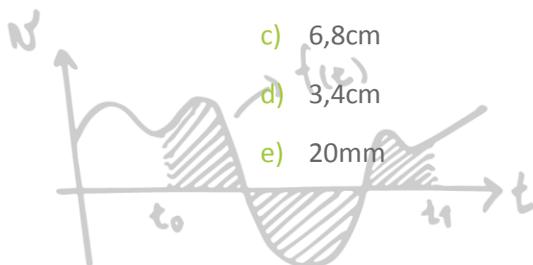
$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Essa equação nos diz que a variação do comprimento em uma direção ( $\Delta L$ ) é dada pelo produto entre o comprimento inicial ( $L_0$ ), um coeficiente de dilatação linear ( $\alpha$ ) e a variação de temperatura à qual ele é submetido ( $\Delta T$ ).

Vamos colocar isso em prática! Temos um exercício de dilatação linear para você testar o que estudou.

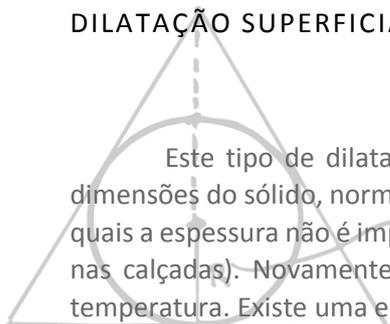
**Exercício 3:** Uma barra de cobre mede 20cm quando está a 30°C. Quando a 50°C, qual a variação de comprimento dessa barra? Dados: coef. Linear de dilatação =  $17 \times 10^{-6}$ .

- a) 0,034mm
- b) 0,068mm
- c) 6,8cm
- d) 3,4cm
- e) 20mm



Correta: B

## DILATAÇÃO SUPERFICIAL



Este tipo de dilatação ocorre quando estamos interessados apenas em duas dimensões do sólido, normalmente quando vamos analisar placas ou objetos finos, nos quais a espessura não é importante no problema (como é o caso dos azulejos e das lajes nas calçadas). Novamente, sabemos que a dilatação ocorre quando há variação de temperatura. Existe uma equação que nos permite encontrar a variação superficial dos sólidos. Se liga nela!

$$\Delta S = S_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$



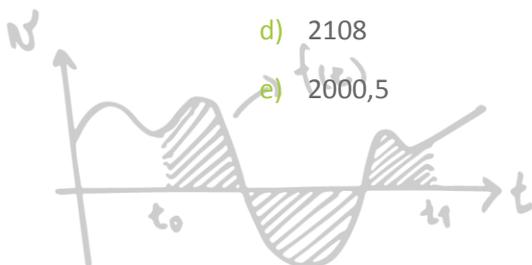
Essa equação nos diz que a variação superficial ( $\Delta S$ ) é dada pelo produto entre área inicial da superfície ( $S_0$ ), o coeficiente de dilatação superficial ( $\beta$ ) e a variação de temperatura ( $\Delta T$ ) à qual ele é submetido.

**Na prática!** Durante a construção de pontes e viadutos, pequenas fendas são deixadas para que essas estruturas possam dilatar superficialmente quando a temperatura aumentar, sem que rachaduras aconteçam.

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios sobre dilatação superficial para você testar o que estudou.

**Exercício 4:** Uma janela de vidro (alfa =  $9 \times 10^{-6}$ ) tem dimensões de 40cm por 50cm a  $5^\circ\text{C}$ . Quando a temperatura sobe para  $35^\circ\text{C}$ , qual a nova área da janela em  $\text{cm}^2$ ?

- a) 2000,108
- b) 2001,08
- c) 2000
- d) 2108
- e) 2000,5



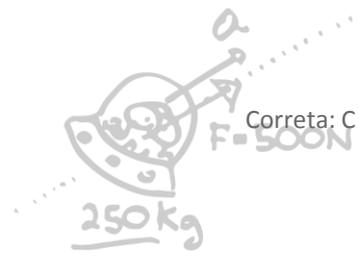
Correta: B



**Exercício 5:** Uma chapa de vidro (10cm X 10cm) contém um disco vazado de raio 2cm em seu interior. Sabendo que a chapa sofre uma variação de 40K, determine, aproximadamente, qual a variação da área da circunferência. Dados:  $\alpha = 9 \times 10^{-6}$ .

- a) 0,003 cm<sup>2</sup>
- b) 0,004 cm<sup>2</sup>
- c) 0,009cm<sup>2</sup>
- d) 0,001cm<sup>2</sup>
- e) 0,03cm<sup>2</sup>

ARISTARCA  
 $\frac{1}{3} \cdot h$



Correta: C

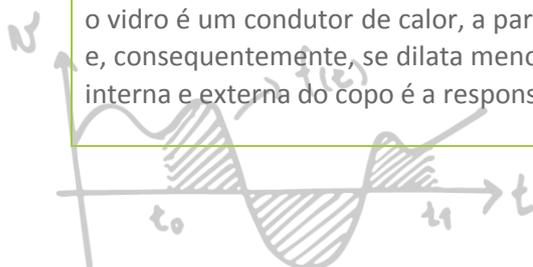
### DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA

O último tipo de dilatação que analisaremos é a volumétrica. Aqui estamos interessados na dilatação em todas as dimensões do sólido (como no casos em que colocamos líquidos quentes dentro de copos ou garrafas). Essa análise também é muito comum quando estamos estudando a dilatação de cubos sólidos! Também existe uma equação que nos permite encontrar essa variação volumétrica dos sólidos. Se liga nela!

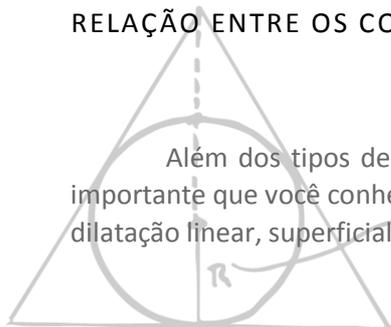
$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

Ela nos diz que a variação volumétrica de um sólido ( $\Delta V$ ) é dada pelo produto entre o volume inicial ( $V_0$ ), o coeficiente de dilatação volumétrica ( $\gamma$ ) e a variação de temperatura à qual ele é submetido ( $\Delta T$ ).

**Curioso!** Sempre que colocamos um líquido muito quente dentro de um copo de vidro comum, estamos correndo o risco de trincar esse copo. Isso é explicado pela dilatação volumétrica: a parte interna do copo se dilata ao ser aquecida, mas como o vidro é um condutor de calor, a parte externa do copo demora para ser aquecida e, conseqüentemente, se dilata menos. Essa diferença de dilatação entre as partes interna e externa do copo é a responsável pela possibilidade de fazê-lo trincar.



## RELAÇÃO ENTRE OS COEFICIENTES DE DILATAÇÃO



Além dos tipos de dilatação e dos casos em que eles são aplicados, é muito importante que você conheça a relação matemática que existe entre os coeficientes de dilatação linear, superficial e volumétrico. Se liga aqui embaixo!

$$\beta = 2\alpha$$

$$\gamma = 3\alpha$$



**Cuidado!** Quando um objeto dilata, todas as dimensões aumentam, incluindo os furos, que dilatam como se ainda houvesse material ali. Tente visualizar a dilatação como se fosse a ampliação de uma foto.

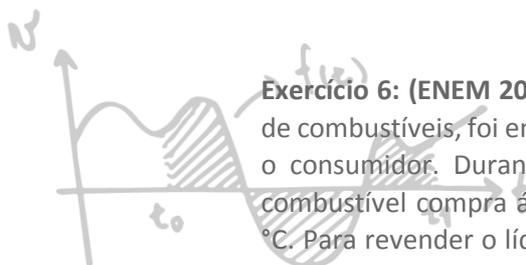
## DILATAÇÃO DOS LÍQUIDOS

Agora vamos estudar como os líquidos se dilatam! Preparados? Como já aprendemos na apostila de Hidrostática, a forma de um líquido depende do recipiente em que ele está contido. Dessa maneira, não há sentido falarmos em dilatação linear ou superficial para um líquido. A única forma de dilatação analisada será a volumétrica.

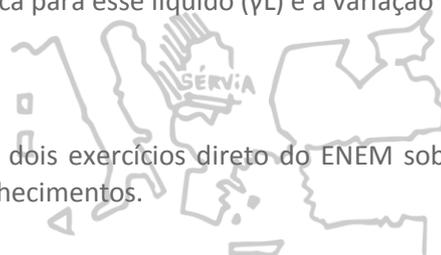
$$\Delta V_L = V_0 \cdot \gamma_L \cdot \Delta T$$

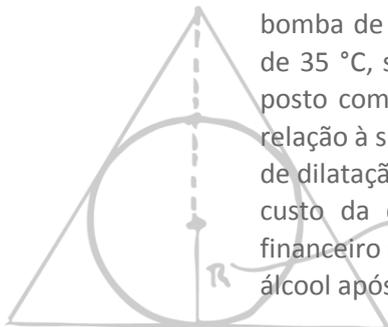
A variação do volume de um líquido ( $\Delta V_L$ ) é dada pelo produto entre seu volume inicial ( $V_0$ ), o coeficiente de dilatação volumétrica para esse líquido ( $\gamma_L$ ) e a variação de temperatura à qual ele é submetido ( $\Delta T$ ).

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios direto do ENEM sobre dilatação dos líquidos para você testar seus conhecimentos.



**Exercício 6: (ENEM 2009)** Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R\$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na





bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R\$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 °C e os revende. Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de  $1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível, o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

- a) R\$ 500,00 e R\$ 1.000,00.
- b) R\$ 1.050,00 e R\$ 1.250,00.
- c) R\$ 4.000,00 e R\$ 5.000,00.
- d) R\$ 6.000,00 e R\$ 6.900,00.
- e) R\$ 7.000,00 e R\$ 7.950,00.



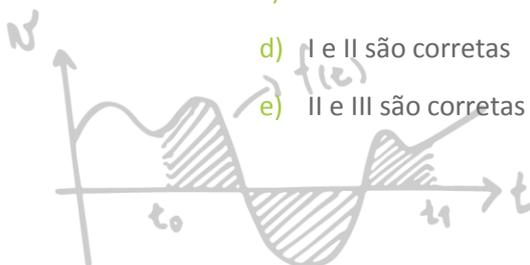
Correta: D

**Exercício 7: (ENEM - 1999)** A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina. Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques não fossem subterrâneos:

- I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
- II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.
- III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente:

- a) I é correta
- b) II é correta
- c) III é correta
- d) I e II são corretas
- e) II e III são corretas



Correta: E

## DILATAÇÃO ANÔMALA DA ÁGUA

Lembra quando falamos que existem alguns materiais que se contraem quando a temperatura aumenta? Por incrível que pareça, isso acontece com a água! Já percebeu que os cubos de gelo ocupam mais espaço na forminha do que a água líquida que você levou para a geladeira? Não? Faça o teste, você vai comprovar isso! Ainda não acreditou? Vou te provar. Lembra aquela vez em que você colocou uma latinha de refrigerante no congelador e ela estourou? Isso acontece porque a água ali dentro se expandiu quando congelou!

Mas você pode estar se perguntando: por que isso acontece? A água se comporta assim por causa das ligações químicas que apresenta! O mais interessante é que isso só acontece para um trecho específico de temperatura, entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $4^{\circ}\text{C}$ . A água encolhe quando é aquecida e expande quando é resfriada nessa faixa de temperatura. Por esse mesmo motivo ocorre a expansão da água quando congelada; chamamos isso de dilatação anômala da água.

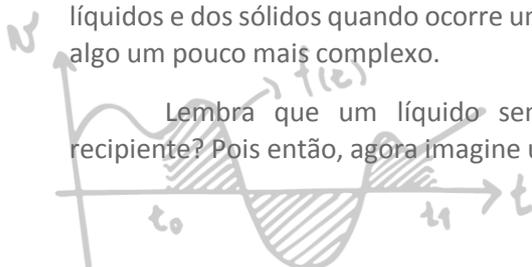
Você já pensou por que alguns lagos congelam apenas em sua superfície? Isso acontece justamente porque a água se expande quando resfriada até (ou abaixo de)  $4^{\circ}\text{C}$ . Ou seja, o volume da água aumenta, diminuindo sua densidade e levando a parte congelada para a superfície.

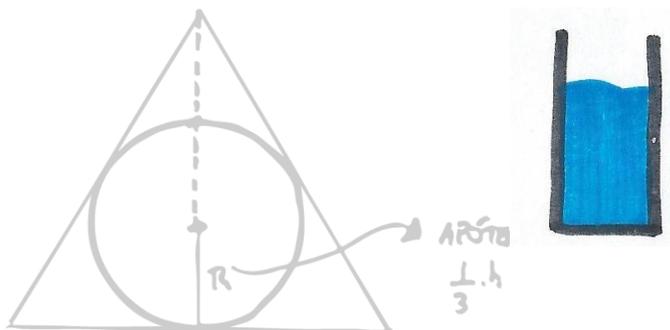


## DILATAÇÃO APARENTE

Agora que já estudamos separadamente o que acontece com o volume dos líquidos e dos sólidos quando ocorre um aumento de temperatura, podemos pensar em algo um pouco mais complexo.

Lembra que um líquido sempre está obrigatoriamente contido em um recipiente? Pois então, agora imagine um copo de vidro cheio de água líquida.





Agora suponha que queremos ter um jeito prático de calcular a dilatação volumétrica da água. Um dos meios para fazer isso é justamente esquentar esse copo e verificar quanto o volume de água aumentou, certo? E é justamente aqui que está o problema! Ao esquentarmos o copo cheio de água, não é só o líquido que irá se dilatar, o copo também vai! Assim, o volume do recipiente também vai aumentar e o que realmente vamos observar para o líquido é uma dilatação aparente.

250kg



Então espera aí, será que não temos como descobrir qual foi a dilatação real do líquido? Claro que temos! O aumento real que o volume do líquido teve é igual à soma da dilatação aparente que ele teve em relação ao copo com a dilatação volumétrica do recipiente. Isso é escrito matematicamente assim:

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$$

Para aplicar essa equação, basta que você lembre das equações de dilatação que vimos anteriormente!



**Vale o conhecimento!** Quando usamos um recipiente cujo coeficiente de dilatação volumétrica ( $\gamma$ ) é muito pequeno, a dilatação aparente do líquido torna-se praticamente igual à dilatação real.

Agora é sua vez de praticar. Aproveite este exercício para testar o que estudamos sobre a dilatação aparente!

**Exercício 8:** Dadas as afirmações, determine quais são verdadeiras:

I – Quando falamos de dilatação aparente, não estamos levando em consideração a dilatação do recipiente que contém o fluido, apenas o que conseguimos perceber;

II – A dilatação real não depende da dilatação do recipiente, mas sua percepção sim;

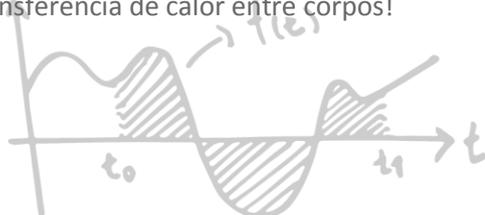
III – É possível determinar a dilatação do recipiente sem ter o seu coeficiente de dilatação, sabendo apenas a variação aparente e o coeficiente do fluido.

- a) I
- b) I e II
- c) I, II e III
- d) II e III
- e) II

Correta: C

## CALORIMETRIA

Lembra aquela vez que você serviu uma xícara de café e esqueceu de tomar? O café esfriou, certo? Isso é óbvio, né? Mas você já pensou o porquê de isso acontecer? Vamos entender isso agora! Neste tópico vamos estudar como acontecem e quais são as consequências da transferência de calor entre corpos!



## OS ESTADOS FÍSICOS DA MATÉRIA

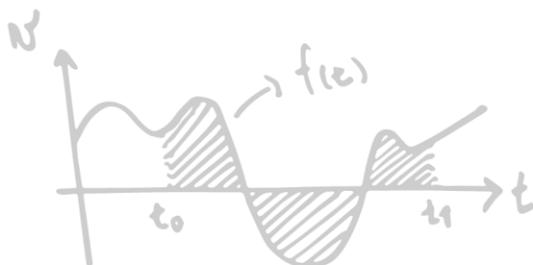
Em nosso cotidiano podemos encontrar diversas substâncias completamente diferentes umas das outras. Entretanto, por mais diferente que elas sejam entre si, podemos ter a certeza de uma coisa: independente de qual seja essa substância, ela estará em um dos três estados físicos: líquido, sólido ou gasoso.

Intuitivamente já temos uma ideia sobre o que são esses estados físicos. O gelo, por exemplo, é a fase sólida da substância água. Agora, o que você acha que acontece se adicionarmos energia nessa substância? Ocorrerá um aumento na agitação e um afastamento de suas moléculas. E aqui entra a grande jogada! Se essa energia fornecida for suficientemente grande, as ligações moleculares que existem dentro da água irão se romper e água em estado líquido será formada! Agora, se adicionarmos ainda mais energia, de forma que as moléculas fiquem ainda mais afastadas e ainda mais ligações se rompem, surgirá o vapor, a forma gasosa da água.

**Vale o conhecimento!** Se adicionarmos ainda mais energia a uma substância no estado gasoso, ela irá se separar em íons e elétrons, formando uma quarta fase da matéria, chamada de plasma. Mas espera aí, por que falamos apenas em três estados antes? Porque basicamente nada com que temos contato está no estado de plasma e, justamente por isso, focaremos nosso estudo apenas nas três fases que vimos anteriormente.

## MUDANÇA DE ESTADOS FÍSICOS

Já tivemos um contato bastante significativo com as mudanças de estado físico. A intenção desse tópico é apenas lembrar o sentido em que as mudanças acontecem. Entender isso vai facilitar muito o estudo do nosso próximo tópico. Se liga no esquema abaixo, ele resume tudo que é necessário conhecer sobre o assunto!





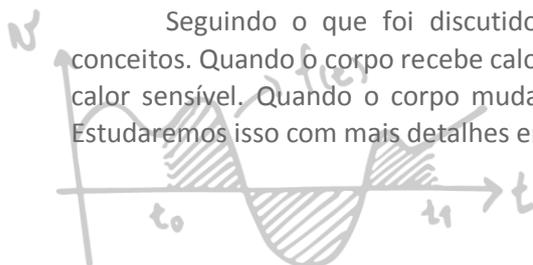
Se liga! As temperaturas em que acontecem as trocas de estados físicos dependem da substância e da pressão atmosférica do local onde essa substância está!

## CALOR

Lembra daquele exemplo que discutimos sobre a xícara de café esquecida que acaba esfriando? Pois então, finalmente vamos começar a entender o porquê dela esfriar!

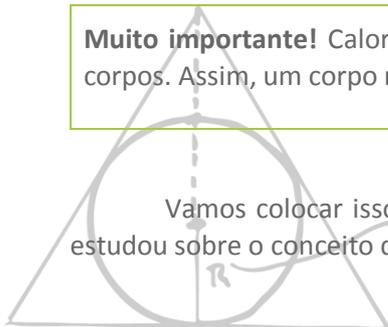
Ao aproximarmos dois corpos em diferentes temperaturas, suas temperaturas irão variar até que ambos estejam em equilíbrio térmico. Com o passar do tempo, a energia do corpo mais quente vai sendo dissipada para o corpo mais frio. E é justamente essa transferência de energia entre dois corpos que é chamada de calor! Espontaneamente, o calor é sempre transferido do corpo mais quente para o corpo mais frio.

Seguindo o que foi discutido anteriormente, podemos definir outros dois conceitos. Quando o corpo recebe calor e muda de temperatura, o calor é chamado de calor sensível. Quando o corpo muda de estado físico, o calor é dito calor latente. Estudaremos isso com mais detalhes em seguida!



**Muito importante!** Calor é uma medida da energia transferida entre dois ou mais corpos. Assim, um corpo não pode conter calor.

Vamos colocar isso em prática! Temos dois exercícios para você testar o que estudou sobre o conceito de calor.



**Exercício 9:** Quais afirmações abaixo estão corretas?

I ) O equilíbrio térmico não depende das velocidades das moléculas nos objetos, de forma que estes objetos podem estar em equilíbrio quando estão em contato e, apesar disso, as velocidades das moléculas serem diferentes.

II ) O calor sempre vai na direção do mais frio.

III ) Calor é energia em transição.

Escolha uma alternativa:

a) Apenas I e II

b) Apenas II e III

c) Apenas I e III

d) Apenas II

e) Apenas III

Correta: E

**Exercício 10:** Considere as afirmações abaixo:

I ) Quando fornecemos muita energia a um líquido, a velocidade das moléculas aumenta, de forma a possibilitar que elas se desprendam do restante do líquido.

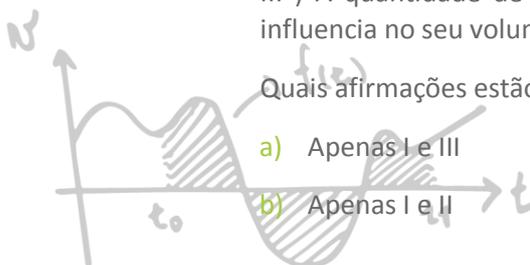
II ) A troca de estado físico não depende da pressão atmosférica.

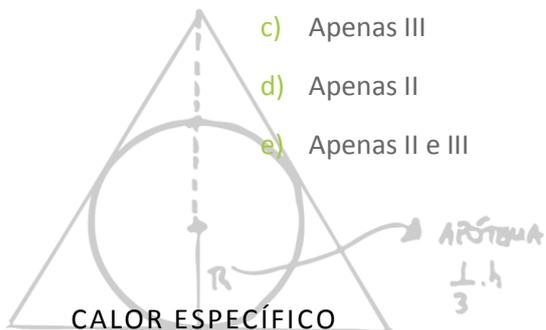
III ) A quantidade de energia interna em uma determinada amostra influencia no seu volume.

Quais afirmações estão incorretas?

a) Apenas I e III

b) Apenas I e II





Correta: D

Você provavelmente já percebeu que alguns alimentos permanecem quentes por mais tempo que outros, certo? Um exemplo disso é o que acontece com uma torrada de queijo! Sim, uma torrada! Logo que a tiramos da torradeira, por mais que consigamos encostar no pão, iremos nos queimar se mordermos a torrada, pois o queijo ainda estará quente! Mas qual a explicação disso? Por que o queijo demora mais tempo para esfriar do que o pão? Isso acontece porque diferentes substâncias possuem diferentes capacidades de armazenar energia interna. O queijo consegue armazenar energia em suas moléculas por mais tempo!

Também podemos pensar nisso que acabamos de estudar de uma forma inversa: se colocarmos uma panela de ferro para esquentar no fogão, em poucos minutos ela se aquecerá, concorda? Agora, se colocarmos água dentro dessa panela, o tempo necessário para que a temperatura dela se eleve até chegar à do exemplo anterior será muito maior. Isso acontece porque diferentes materiais requerem diferentes quantidades de calor para elevar a energia de suas moléculas (sua temperatura!).

Agora vem a grande jogada! A capacidade que uma substância possui de armazenar energia está diretamente ligada à energia necessária para elevar a temperatura dessa substância. Mas espera aí, como podemos mensurar isso que acabamos de falar? Através de uma propriedade chamada calor específico(c)! O calor específico de uma substância é a medida da dificuldade necessária para esquentar cada grama dessa substância. Sendo um pouco mais preciso, diz a quantidade de calor necessária para variar em  $1^{\circ}\text{C}$  a temperatura de 1g da substância.

**Importante saber!** Alguma vez você já se perguntou porque temos a impressão de que a água do mar fica mais quente pela noite? A razão disso é o alto calor específico da água! Como é necessário muito calor para mudar sua temperatura, a água permanece praticamente na mesma temperatura mesmo depois do pôr do sol. Justamente o contrário do que acontece com o ar, que logo se esfria. Esse contraste é a explicação da nossa sensação de água quente.



## CAPACIDADE TÉRMICA

Além disso, existe outro conceito que você também precisa saber: a capacidade térmica. Esse conceito é muito parecido com o calor específico. A grande diferença entre eles é que a capacidade térmica mede a dificuldade de esquentar um corpo. Sim, ela está relacionada aos corpos, não às substâncias! Vamos entender melhor isso agora: imagine um balde e uma xícara cheios de água. Concorda que a substância dentro dos dois recipientes é a mesma? Sim, a água. Mas será que a dificuldade de esquentar a água nesses dois recipientes até 100°C é a mesma? Claro que não! É muito mais fácil esquentar a água que está na xícara.

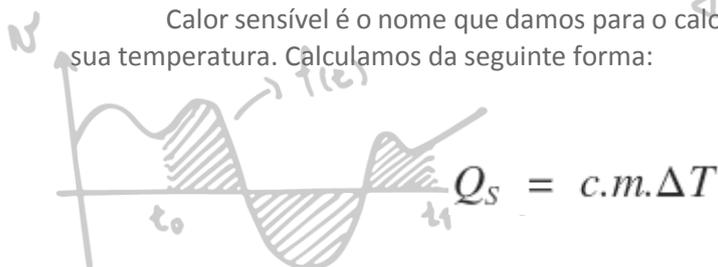


A capacidade térmica de um corpo depende de sua massa e do calor específico da substância pela qual ele é formado. Expressamos isso matematicamente da seguinte forma:

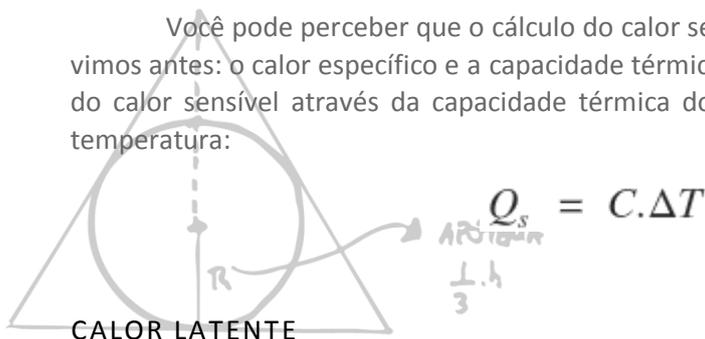
$$C = c.m$$

## CALOR SENSÍVEL

Calor sensível é o nome que damos para o calor que um corpo recebe ao mudar sua temperatura. Calculamos da seguinte forma:



Você pode perceber que o cálculo do calor sensível envolve dois conceitos que vimos antes: o calor específico e a capacidade térmica. Podemos reescrever a equação do calor sensível através da capacidade térmica do corpo que sofre a alteração de temperatura:



CALOR LATENTE

Este é o nome que damos ao calor que os corpos recebem para mudar de estado físico, ou seja, sem mudança em sua temperatura. A equação que nos permite encontrar o calor latente é a seguinte:

$$Q_L = m \cdot L$$

250 kg

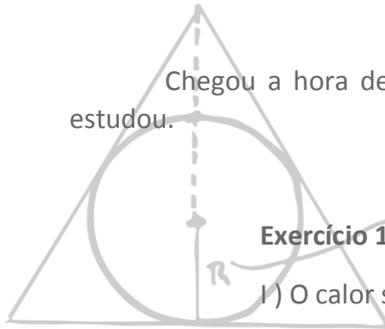
Em que L é o calor latente da troca, que possui seu valor específico para cada alteração de estado físico, como fusão, vaporização, etc.

### CURVA DE AQUECIMENTO

Como vimos anteriormente, conforme um material recebe calor, duas coisas podem acontecer: ele pode se aquecer (mudar sua temperatura!) ou mudar de estado físico (permanecendo com sua temperatura constante!). Para substâncias puras, as duas coisas não acontecem ao mesmo tempo: ou muda a temperatura ou muda o estado físico. Isto é, enquanto a substância troca de estado, a temperatura não varia. Podemos ver isso no gráfico abaixo!



Chegou a hora de praticar! Temos alguns exercícios para você testar o que estudou.

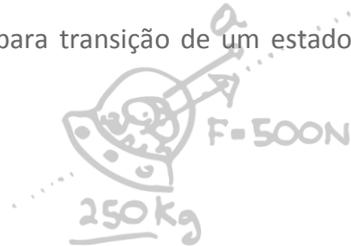


**Exercício 11:** Leia as afirmações abaixo:

- I) O calor sensível é o calor em que a temperatura não varia.
- II) O calor é sensível enquanto há troca de estado.
- III) O calor latente é o calor necessário para transição de um estado físico.

Quais afirmações estão incorretas?

- a) Apenas III
- b) Apenas II
- c) Apenas I e III
- d) Apenas I e II
- e) Todas.



meSalva!

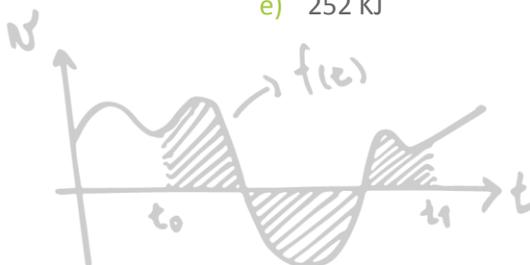
Correta: D

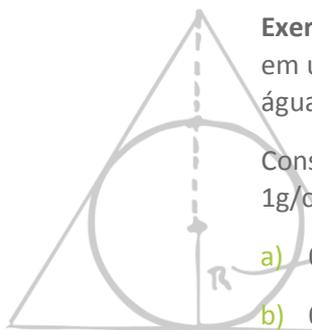
**Exercício 12:** Uma chaleira com água inicialmente a  $20^\circ\text{C}$  é esquentada até  $90^\circ\text{C}$ . Sabemos que a massa de água é 3kg. Considerando o calor específico da água  $C = 1\text{cal/g}^\circ\text{C}$ , qual foi o calor utilizado? Determine o calor em Joules.

- a) 886 KJ
- b) 882 KJ
- c) 800 J
- d) 210 Kcal
- e) 252 KJ



Correta: B

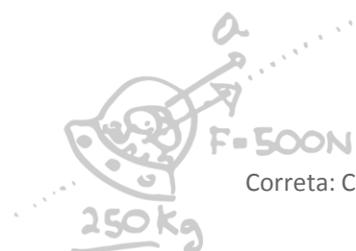




**Exercício 13:** Em uma experiência, deseja-se descobrir o volume de água em um recipiente. Para isso é fornecido 50Kcal à amostra, o que leva a água de 25° C a 35° C.

Considere o calor específico da água  $c = 1\text{cal/g}^\circ\text{C}$  e a densidade da água  $1\text{g/cm}^3$ .

- a) 0,05 m<sup>3</sup>
- b) 0,0005 m<sup>3</sup>
- c) 0,005 m<sup>3</sup>
- d) 0,01 m<sup>3</sup>
- e) 0,001 m<sup>3</sup>



Correta: C

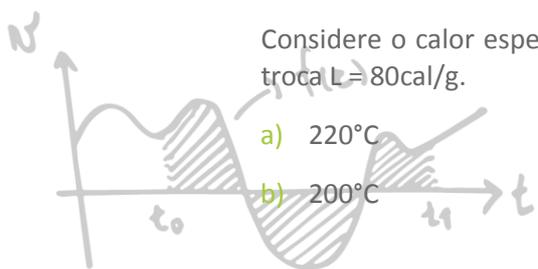
**Exercício 14:** Retira-se 240 Kcal para que uma certa massa de água líquida a 20°C torne-se gelo a -20°C. Qual é a massa de água?

Considere o calor específico da água  $c = 1\text{cal/g}^\circ\text{C}$  e o calor latente da troca  $L = 80\text{cal/g}$ .

- a) 4 kg
- b) 6 kg
- c) 1 kg
- d) 200g
- e) 2 kg

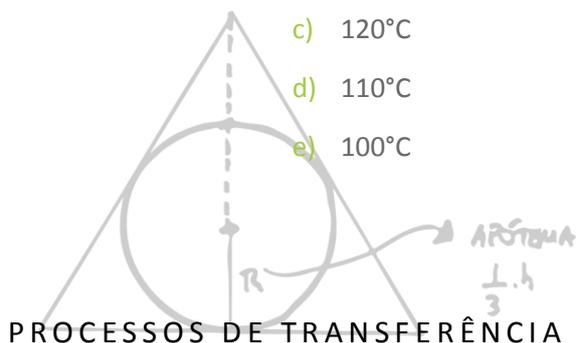
Correta: E

**Exercício 15:** Um recipiente com 1,5 kg de água a 100°C recebe calor para tornar a água vapor a 100°C. Esse vapor é direcionado a uma mangueira que fornece uma certa quantidade de calor, aumentando a temperatura do vapor. Sendo o calor total 825kcal recebido, qual a temperatura final do vapor de água?



- a) 220°C
- b) 200°C

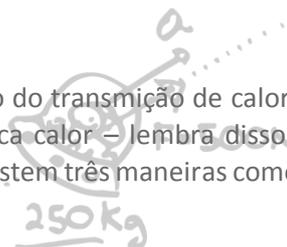




Correta: D

PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Esta parte da apostila é uma viagem pelo mundo maravilhoso da transmissão de calor. Nós já vimos o que é calor e o que acontece quando um corpo troca calor – lembra disso? Estudaremos agora como acontece a troca de calor entre os corpos. Existem três maneiras como isso pode acontecer, se liga!



CONDUÇÃO

Alguma vez você já se perguntou por que a maioria dos cabos de panela é feita de madeira? Provavelmente não, mas tenho certeza que, pensando agora, você chegou à conclusão que é para não queimarmos nossas mãos. E isso está totalmente certo! E fisicamente, o que explica isso? Essa é fácil! A madeira não é um bom condutor de calor. Mas espera aí... O que é condução de calor? Vamos estudar isso agora!

A condução de calor ocorre quando uma parte de um material está mais quente do que outra, de maneira que as moléculas da parte com maior temperatura, que estão mais agitadas, transferem um pouco de sua energia para as moléculas vizinhas, elevando a temperatura daquela parte anteriormente fria!

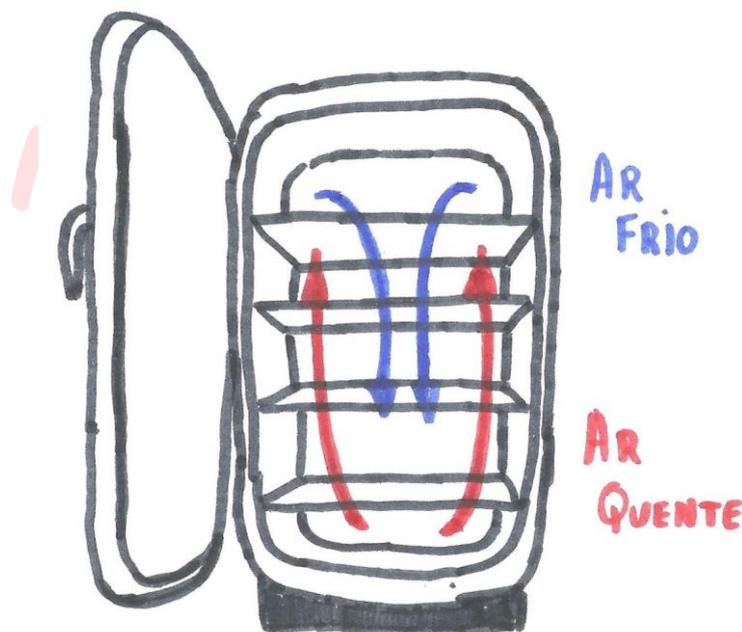
Entendeu agora o porquê da madeira? O calor da panela tem mais dificuldade para se propagar pela madeira do que pelo ferro. O cabo feito de madeira não esquenta tanto, o que impede que queimemos nossas mãos!



## CONVECÇÃO

Este tipo de transmissão só ocorre em líquidos e gases! Pode ser que você nunca tenha percebido, mas já presenciou diversas vezes a convecção na prática! Pois então, alguma vez você já reparou que na praia o vento sopra do mar para a terra durante o dia e da terra para o mar durante a noite? A convecção explica isso! Muito interessante, né?

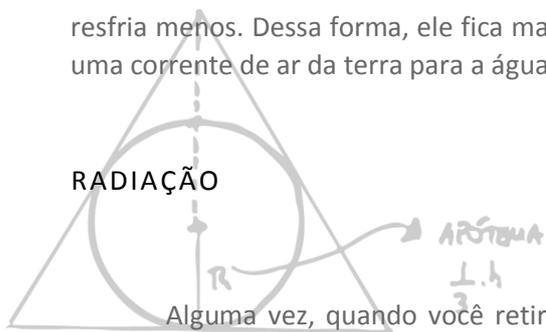
Dentro da sua casa também existe uma aplicação deste tipo de transmissão de calor. Não sabe onde? Na sua geladeira! Se liga! A convecção ocorre porque a parte mais quente de um fluido expande e fica menos densa, subindo e sendo substituída por fluido mais frio. Assim, as moléculas quentes e frias estão trocando de lugar! É agora que entra a explicação do congelador ser sempre colocado na parte superior das geladeiras! O ar resfriado que existe nele desce e troca de lugar com o ar mais quente.



E os ventos na praia, como funcionam? A areia da praia tem seu calor específico sensível muito menor que o da água. Por isso ela se aquece mais rapidamente do que a água durante o dia e se resfria mais rapidamente durante a noite. Durante o dia, o ar próximo da areia fica mais quente que o restante e sobe, dando lugar a uma corrente de ar da água para a terra. Já durante a noite, o ar próximo da superfície da água se



resfria menos. Dessa forma, ele fica mais quente que o restante e sobe, dando lugar a uma corrente de ar da terra para a água.



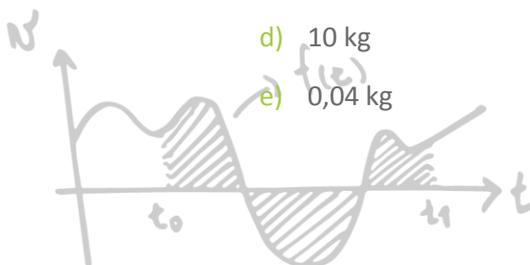
Alguns vezes, quando você retirou comida do micro-ondas, percebeu que, ao contrário dos fornos a gás, o interior dele não estava quente? Estranho, né? Se ele não esquentou por dentro, como pode ter aquecido o alimento? Através da radiação! Não aquela radiação nuclear que você já ouviu falar, mas através das ondas eletromagnéticas! Não é necessário que ele esquente ou que aconteça o contato para transferir calor para o alimento. Mas como funciona isso, então?

A radiação acontece através da emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Essa emissão pode acontecer tanto por corpos quentes, como por uma fogueira ou pelo próprio Sol, quanto por uma fonte controlada, como acontece no micro-ondas. Um detalhe muito importante é que, como vamos estudar na apostila de Ondulatória, estas ondas se propagam inclusive no vácuo! E é graças a isso que o calor proveniente do Sol consegue aquecer nosso planeta e nos manter vivos!

Chegou a hora de colocarmos isso em prática! Temos alguns exercícios para você testar o que estudou.

**Exercício 16:** Em um laboratório de química, no meio do experimento de capacidade térmica, nota-se que já não há mais ferro, do qual seria usada a capacidade térmica. Precisa-se, então, substituir 2kg de ferro por uma massa de água. Sabe-se a capacidade térmica da água, porém não se sabe que massa de água utilizar. Considerando o calor específico da água  $1\text{cal/g}^\circ\text{C}$  e o do ferro  $0,2\text{cal/g}^\circ\text{C}$ , que massa de água deve ser usada?

- a) 0,2 kg
- b) 400 g
- c) 800 g
- d) 10 kg
- e) 0,04 kg



Correta: B



**Exercício 17:** Considere dois corpos isolados A e B, que inicialmente estavam com temperaturas  $T_A > T_B$  e agora estão em contato.

Leia as afirmações abaixo:

- I ) Depois de um tempo muito grande,  $T_A = T_B$ .
- II ) A direção do calor é de TA para TB.

III ) A soma dos calores – o cedido pelo A e o recebido pelo B – é igual a duas vezes o calor cedido por A.

Quais afirmações estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas I e II
- d) Apenas I e III
- e) Apenas II e III



Correta: C



**Exercício 18:** Considere as afirmações abaixo:

- I ) A condução ocorre apenas em sólidos.
- II ) Não há necessidade de contato para haver condução de calor.
- III ) A condução do calor não depende da velocidade das moléculas e da taxa de colisões.

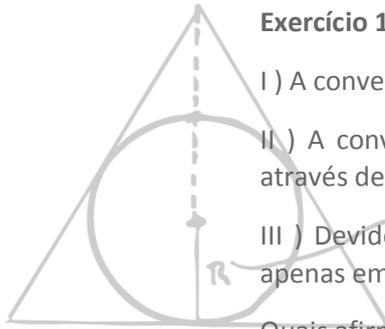
Quais afirmações são incorretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e III
- e) Todas



Correta: E





**Exercício 19:** Considere as afirmações:

- I ) A convecção acontece em sólidos.
- II ) A convecção tem base na transformação contínua de um fluido, através de expansão e contração.
- III ) Devido ao grau de liberdade das moléculas, a convecção ocorre apenas em fluidos, como líquido e gás.

Quais afirmações estão corretas?

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas I e II
- d) Apenas I e III
- e) Apenas II e III



Correta: E

**Exercício 20:** Analise as afirmações abaixo:

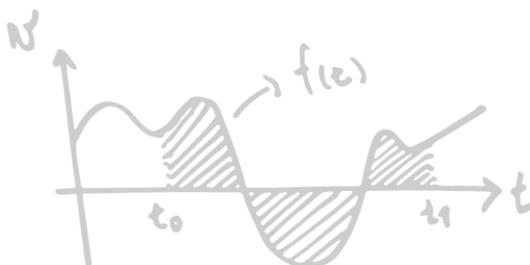
- I ) A irradiação é a forma de transmissão de calor através de um meio material.
- II ) O tipo de onda eletromagnética que é emitida depende da temperatura do corpo.
- III ) Quanto maior a frequência de uma onda eletromagnética, maior é a temperatura do corpo que a emite.

Quais afirmações estão incorretas?

- a) Apenas I e III
- b) Apenas II
- c) Apenas II e III
- d) Apenas III
- e) Apenas I



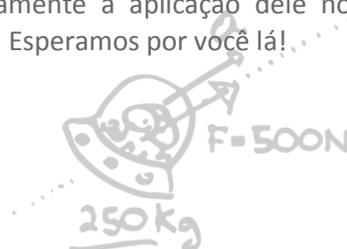
Correta: C



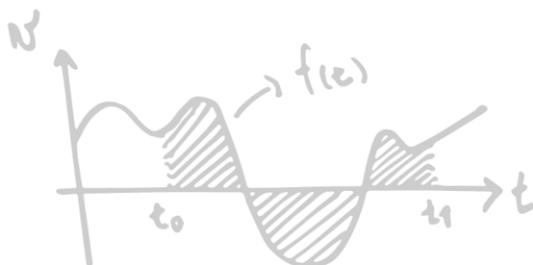
## CONCLUSÃO

E aí, galera, conseguiram perceber mais um pouco da importância que a Física tem em nosso cotidiano? Esperamos que sim! Aqui no estudo da Calorimetria e da Termologia aprendemos a associar vários conceitos não usuais a questões do nosso dia a dia. Lembre-se de revisar esses conceitos e de se manter afiado no conteúdo.

Vamos estudar a Termodinâmica em nossa próxima apostila. Vamos continuar aprendendo as aplicações do estudo do calor, mais especificamente a aplicação dele no funcionamento de diversas máquinas, como os carros e os aviões. Esperamos por você lá!

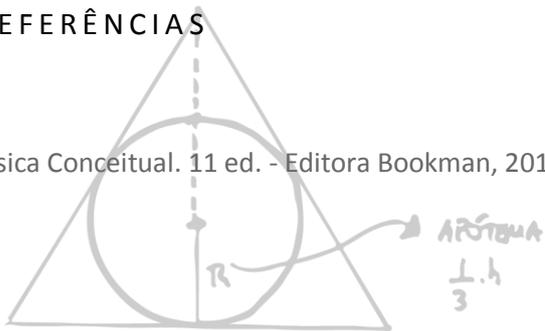


meSalva!



REFERÊNCIAS

Física Conceitual. 11 ed. - Editora Bookman, 2011 - Porto Alegre. Hewitt, Paul G.



meSalva!

