

Guia didático de apoio ao experimento Condução de calor em barras metálicas



Experimentação Remota Móvel para
o Ensino Básico e Superior

Propagação de calor por condução

Guia didático

Guia didático do Experimento Remoto Condução de Calor em barras metálicas:
Experimentação Remota Móvel para a Educação Básica e Superior
Propagação de calor por condução
Este guia, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença
Creative Commons
Rua Pedro João Pereira, 150, Mato Alto – CEP 88900-000
<http://rexlab.ufsc.br/>
rexlabufsc@gmail.com

Edição

Carine Heck

Karine dos Santos Coelho

Prefácio

João Bosco da Mota Alves

Elaboração

Carine Heck

Karine dos Santos Coelho

João Bosco da Mota Alves

Juarez Bento da Silva

Revisão

Marta Adriana da Silva

Cristiano

Priscila Cadorin Nicolete

Simone Meister Sommer

Bilessimo

Editoria de arte, projeto gráfico e capa

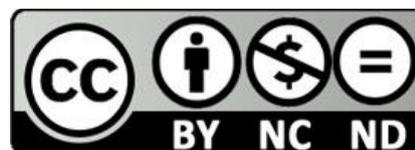
Isabela Nardi da Silva

Este guia, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em <http://creativecommons.org/nz/licenses/licences-explained/>.

Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição, porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiros e não é permitido qualquer trabalho derivado.

Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em <http://www.rexlab.ufsc.br>.



Guia de Aplicação do Experimento Remoto Condução de calor em barras metálicas: Experimentação remota para a Educação Básica e Superior Propagação de calor por condução/ obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab)

Araranguá - SC, Brasil, 2016

Sumário Geral

Prefácio	4
Temperatura, Escalas Termométricas e Calor	5
Temperatura e Escalas Termométricas	5
Conversão entre as escalas termométricas.....	9
A Definição de Temperatura e Calor	11
Condução Térmica	13
Processos de Propagação de Calor	13
Propagação de Calor por Condução	13
Fluxo de Calor ou Lei de Condução Térmica	17
Bibliografia Consultada	24
Exercícios	31
Planos de Aulas	35

Prefácio

O que é experimentação remota? Remota, significa a distância. Experimentação remota, portanto, significa realização de um experimento a distância, manipular um equipamento a partir de qualquer lugar onde haja acesso à Internet, por exemplo. A partir deste conceito, foi criado em 1997, na Universidade Federal de Santa Catarina, o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab, sigla oriunda da expressão em inglês - Remote Experimentation Lab), visando explorar seu potencial.

Que aspectos deveriam ser avaliados? Atender a necessidade de apropriação social da ciência e da tecnologia, popularizando conhecimentos científicos e tecnológicos, estimulando jovens nas carreiras científico-tecnológicas e buscar iniciativas que integrem a educação científica ao processo educacional promovendo a melhoria/atualização/modernização do ensino em todos os seus níveis, enfatizando ações e atividades que valorizassem e estimulassem a criatividade, a experimentação científico-tecnológica e a interdisciplinaridade.

Primeira fase (1997-2002). Foram criados alguns experimentos que indicaram com clareza a necessidade de desenvolvimento de recursos, como o Micro-Servidor WEB, visando ampliar o desenvolvimento de mais experimentos para uma gama cada vez mais ampla de aplicações. Nesta fase, dissertações de mestrado e publicações de artigos possibilitaram a internacionalização do REXLAB, através do projeto REXNET, financiado pela Comunidade Europeia, envolvendo 6 países (Brasil, Chile, México, Portugal, Escócia e Alemanha), com o mesmo objetivo de avaliar tais aspectos acima tratados, mas agora a nível internacional.

Segunda fase (2002-2007). O projeto REXNET é, em suma, uma rede internacional de REXLAB's envolvendo hoje dezenas de universidades em vários países da América Latina, Europa e África, com as quais o REXLAB/UFSC mantém intensa parceria, incluindo intercambio de docentes e discentes. A REXNET possibilitou ao REXLAB alçar voos mais altos, destacando-se estudos para a elaboração de um projeto que veio a ser denominado Integração Tecnológica na Educação Básica, uma vez constatada a necessidade de melhoria nos primeiros níveis educacionais no Brasil.

Terceira fase (2007-...). Na medida do desenvolvimento de novas TIC's (Tecnologias da Informação e da Comunicação), novos desafios apresentaram-se e, imediatamente, foram incorporados ao REXLAB e a todos os seus projetos. O destaque nesta fase foi a exploração dos dispositivos móveis como elementos básicos para a Integração Tecnológica na Educação Básica que ora é o principal projeto do REXLAB. Um conjunto de experimentos foram implementados para tal. E, para dar conta de sua utilização a contento com as expectativas da equipe, foi elaborado um **caderno didático** de apoio ao experimento para cada um deles utilizados no âmbito deste projeto, onde teoria e prática **passeiam de mãos dadas**.

De olho no futuro do Brasil. Portanto, a Experimentação Remota é uma área de pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico que visa ampliar a capacidade humana para além de seus limites, utilizando os recursos da Internet e de outros meios capazes de prover acesso remoto, possibilitando o compartilhamento de recursos de um modo geral, com custos compatíveis com um país de dimensão continental que ainda não resolveu graves problemas, como miséria e educação básica indigente. **É a esperança de toda a equipe do REXLAB.**

Araranguá, agosto de 2015.

João Bosco da Mota Alves

Temperatura, Escalas Termométricas e Calor

Temperatura e Escalas Termométricas



Figura 1 - Contato com leite frio e café quente

A prática de associar a sensação de quente e frio no dia a dia é muito frequente entre as pessoas. Porém, essa prática não é precisa. É aconselhável o uso de um termômetro para medir a temperatura.

Temperatura é uma grandeza

A história de construção e aprimoramento do termômetro remete ao físico e astrônomo Galileu, em 1592. Ele propôs um equipamento constituído de um fino tubo de vidro, com uma das extremidades imersa em um recipiente contendo água e na outra extremidade um bulbo de vidro. O equipamento não permitia uma medida precisa da temperatura, mas uma noção por comparações da dilatação ou contração do ar que empurrava uma coluna de líquido. Quanto maior a temperatura, maior a altura do líquido.

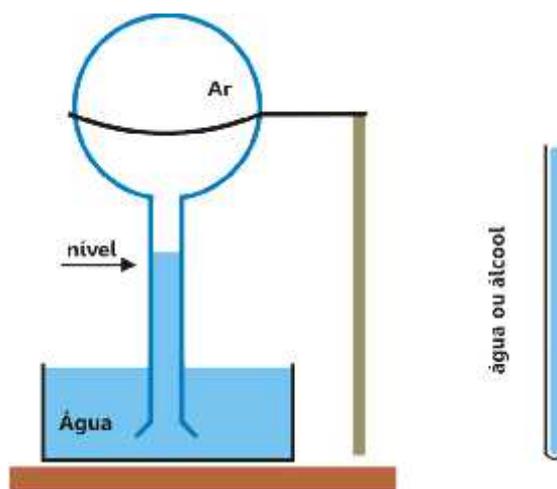


Figura 2 - Termoscópio construído por Galileu

Apesar de ser considerado um termoscópio por não possuir escalas para verificar a temperatura, o equipamento de Galileu foi o precursor do termômetro. Na construção e aprimoramento do termômetro, muitos outros cientistas colaboraram até a variedade hoje conhecida. Um dos termômetros mais comuns é o clínico, para medir a temperatura do corpo humano, que utiliza a dilatação de líquidos, principalmente o mercúrio. Além do clínico, também há outros: termômetros digitais, termômetros de cristal líquido, termômetros a álcool, termômetros de máxima e mínima, termômetros a gás, termômetros de radiação, termômetro conhecido por pirômetro óptico, termômetro de lâmina bimetálica.

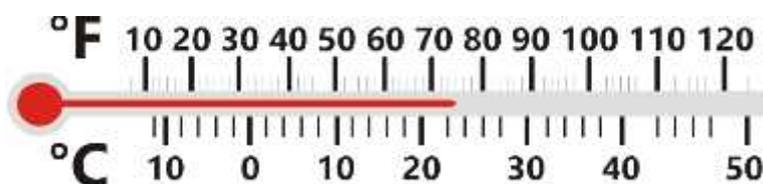


Figura 3 - Termômetro de Mercúrio

Por convenção costuma-se usar três escalas termométricas para medir a temperatura: a Celsius, Kelvin e Fahrenheit. A escala Celsius, elaborada em 1742 por Anders Celsius (1701- 1744) é usada em muitos países, inclusive no Brasil. Essa escala tem como ponto de referência a fusão do gelo 0°C e a ebulição da

água 100°C , sob pressão normal. A semelhança que a escala Celsius tem em com a escala Kelvin é a divisão em 100 partes iguais.

A escala Kelvin elaborada pelo Lorde Kelvin (título de nobreza dado ao físico William Thompson, 1824-1907) foi proposta em 1848. Atribui o intervalo de temperatura de 273K a 373K. Kelvin atribuiu ao valor zero de sua escala o menor estado de agitação térmica da estrutura atômica e molecular, que corresponderia a $-273,15^{\circ}\text{C}$. Essa é a escala adotada pelo Sistema Internacional de Unidades (S.I.).

É comum que livros didáticos de Ensino Médio, assim como outros meios de informação, mencionem o LHC (Large Hadron Collider) como o maior acelerador de partículas do mundo. Uma máquina complexa, que trabalha numa tentativa de entender o muito pequeno, numa escala microscópica, por experimentos de altíssimas energias. O LHC localiza-se na fronteira franco-suíça, no CERN- Centro Europeu de Pesquisas Nucleares. A temperatura de -271°C já foi observada no Universo, precisamente nos experimentos do CERN. Nesse centro de pesquisa, existem usinas de criogenia que produzem Hélio líquido para resfriar o interior do LHC, chegando a 2K, o que corresponde a -271°C . Essa temperatura é medida através da resistência elétrica da platina, que diminui com a temperatura.

A escala Fahrenheit foi construída em 1727 por Gabriel Daniel Fahrenheit (1686- 1736), geralmente usada nos países de língua inglesa, é dividida em 180 partes iguais no intervalo de 32°F a 212°F . A relação entre as três escalas está representada na figura a seguir.

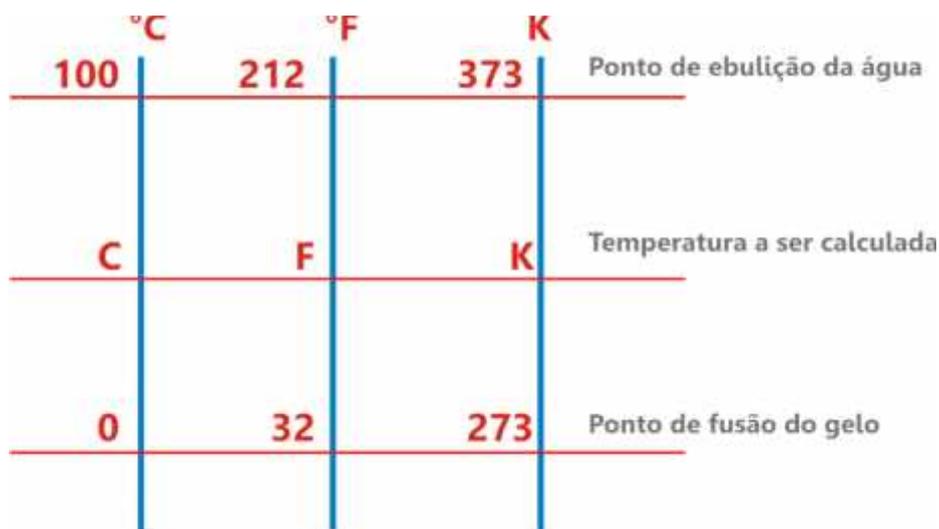


Figura 5 - Representação da relação entre as três escalas termométricas.

Exemplos:

1) **(Fatec SP)** Lord Kelvin (título de nobreza dado ao célebre físico William Thompson, 1824-1907) estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, também chamada de zero absoluto, a agitação térmica das moléculas deveria cessar. Considere um recipiente com gás, fechado e de variação de volume desprezível nas condições do problema e, por comodidade, que o zero absoluto corresponde a $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$.

É correto afirmar:

- a) O estado de agitação é o mesmo para as temperaturas de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 100 K .
- b) À temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ o estado de agitação das moléculas é o mesmo que a 273 K .**
- c) As moléculas estão mais agitadas a -173°C do que a $-127\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- d) A $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ as moléculas estão menos agitadas que a 241 K .
- e) A 273 K as moléculas estão mais agitadas que a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Conversão entre as Escalas Termométricas

É possível fazer a conversão da temperatura dada em certa escala para outra estabelecendo a seguinte relação:

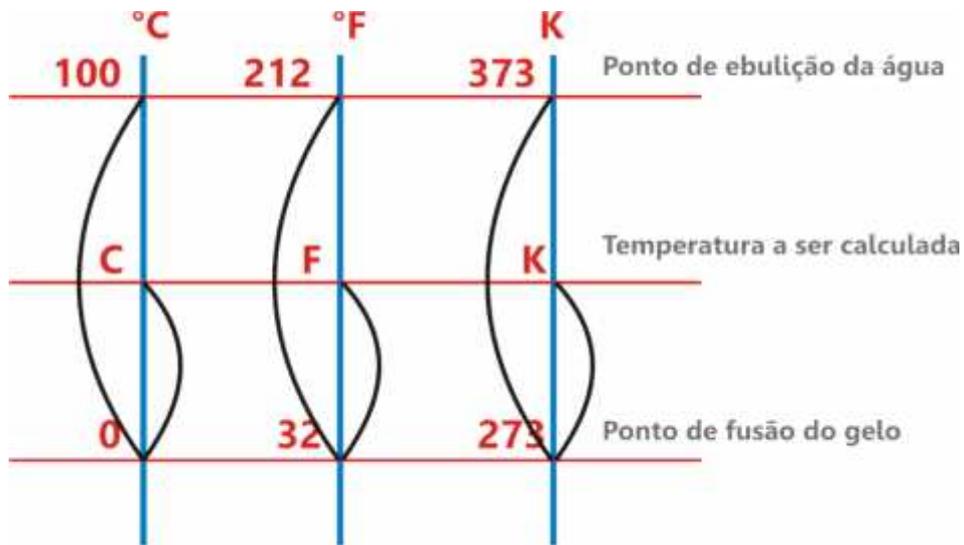


Figura 6

$$\frac{T^{\circ}\text{C} - 0}{100 - 0} = \frac{T^{\circ}\text{F} - 32}{212 - 32} = \frac{\text{TK} - 273}{373 - 273}$$

Figura 7

Logo, simplificada:

$$\frac{T^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{\text{TK} - 273}{5} = \frac{T^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

Figura 8

Exemplos:

1) Com auxílio de um termômetro graduado na escala Fahrenheit, um estudante mediu a temperatura de uma amostra durante a experimentação de física, e encontrou o valor de 41°F. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a:

- a) 10°C b) 15°C **c) 5°C** d) -1°C e) -8°C

Resolução:

$$\underline{T^{\circ}\text{C}} = \underline{T^{\circ}\text{F} - 32}$$

$$5 \quad 9$$

$$\underline{T^{\circ}\text{C}} = \underline{41 - 32}$$

$$5 \quad 9$$

$$\underline{T^{\circ}\text{C}} = \underline{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$9 T^{\circ}\text{C} = 45$$

$$T^{\circ}\text{C} = \underline{45}$$

$$9$$

$$T^{\circ}\text{C} = 5^{\circ}\text{C}$$

2) O mercúrio, metal líquido a temperatura ambiente, solidifica a temperatura de -39°C . Qual é a correspondente temperatura em Kelvin?

- a) 240K **b) 312 K** c) 358 K d) 123 K e) 200K

Resolução:

$$\underline{T^{\circ}\text{C}} = \underline{\text{TK} - 273}$$

$$5 \quad 5$$

$$- 39 = \underline{\text{TK} - 273}$$

$$5 \quad 5$$

$$5 \text{ TK} - 1365 = 195$$

$$5 \text{ TK} = 195 + 1365$$

$$5 \text{ TK} = 1560$$

$$\text{TK} = 312 \text{ K}$$

A Definição de Temperatura e Calor

Temperatura está relacionada a medida da energia interna do corpo; calor é a energia térmica em trânsito entre dois corpos ou sistemas. Portanto, são grandezas físicas diferentes. Tomando como exemplo, em dois corpos com temperatura diferentes, o calor flui do corpo de temperatura maior para o corpo de temperatura menor.

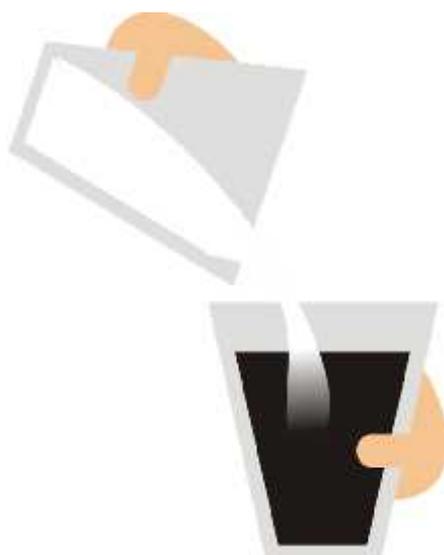


Figura 9 - Mistura de leite frio com café quente

Logo, o corpo com temperatura maior diminui sua temperatura e o corpo com temperatura menor aumenta até que ambos entrem em **equilíbrio térmico**. A unidade mais utilizada para o calor é *caloria* (cal), embora sua unidade no SI seja o *joule* (J). Uma caloria equivale a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um grama de água pura de 14,5°C para 15,5°C, sob pressão normal.

A relação entre a caloria e o joule é:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Exemplos:

1) O termo calorias é muito usado no dia a dia. Boa parte das pessoas ou está contando ou cortando calorias. É a forma de controlar a quantidade de energia adquire com o consumo do alimento. Uma lata de refrigerante (350 ml) Coca-Cola apresenta valor energético de 137 cal. Qual o correspondente valor em Joules?

Resolução:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$137 \text{ cal} \quad x$$

$$1 x = 573, 482$$

$$x = 573, 482 \text{ J}$$

Condução Térmica

Processos de Propagação do Calor

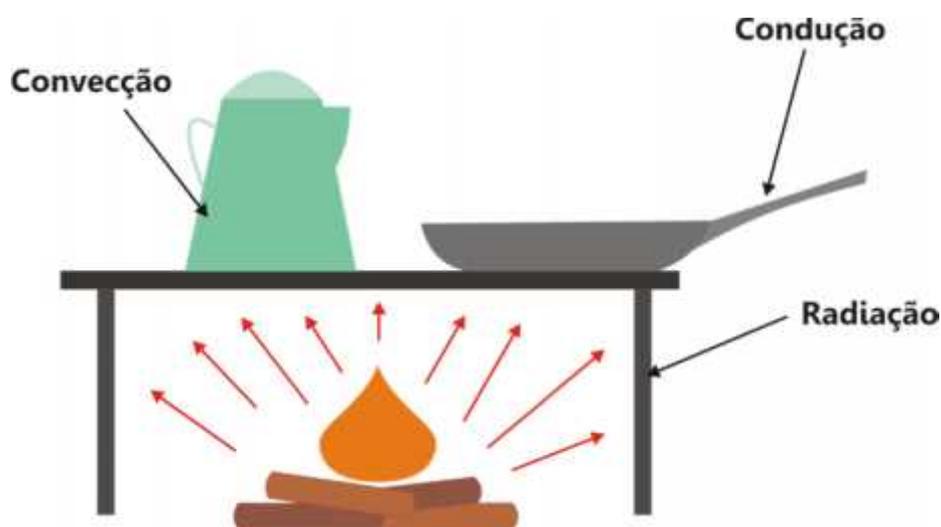


Figura 10 - Legenda

O calor pode se propagar de três maneiras diferentes de acordo com a figura 10: condução, convecção e irradiação. A transferência de calor na natureza

é sempre do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Quando os dois corpos atingirem a mesma temperatura cessa a transferência de calor e podemos dizer que os dois corpos se encontram em equilíbrio térmico.

O calor se propaga em meios: sólidos, fluídos em geral e no vácuo.

Propagação do Calor por Condução

A propagação de calor por condução se dá através de um meio material, ou seja, não acontece no vácuo. Consideramos, por exemplo, uma barra metálica, em uma de suas extremidades ela recebe calor. Para que o calor atinja a outra extremidade é necessário que o esse se propague pelo meio material de acordo com a figura 11.

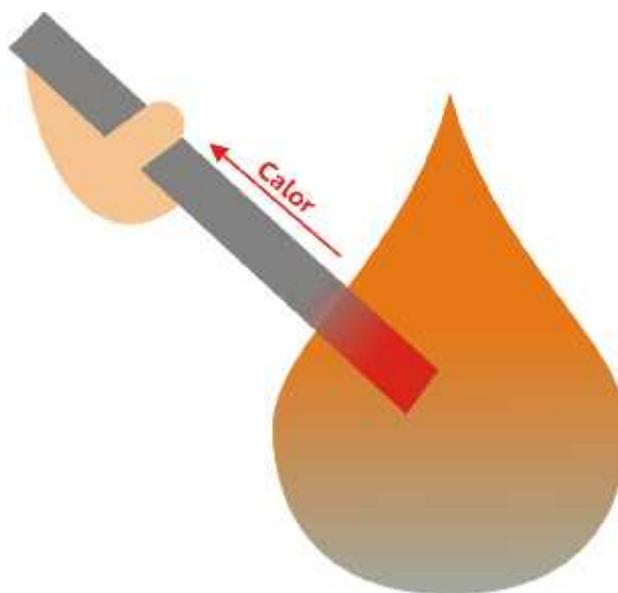


Figura 11

Como isso acontece? As partículas da extremidade que está recebendo calor, ou seja, energia térmica começam a vibrar com maior rapidez, transmitindo essa vibração as partículas mais próximas, que também passam a vibrar com

maior rapidez e assim sucessivamente até a outra extremidade. Observe a figura 12.

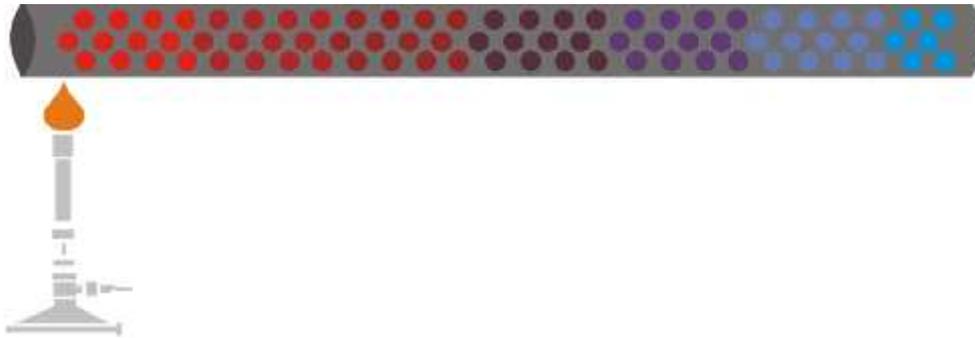


Figura 12

Aplicações da Condução Térmica

) **Figura 13**, as panelas são feitas de metal por serem bons condutores de calor por condução.



Figura 13

) **Figura 14**, as caixas de isopor são isolantes térmicos, necessário para conservação de alguns alimentos.

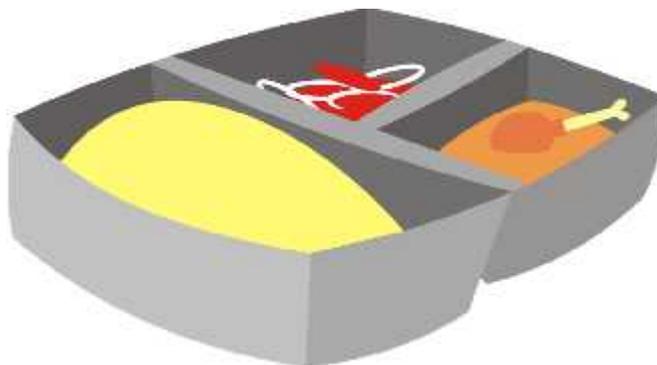


Figura 14

-) **Figura 16**, os esquimós constroem suas casas, os iglus, com bloco de gelo, pois o gelo é um isolante térmico. Sendo que a temperatura no interior dos iglus é mais alta que na parte exterior.

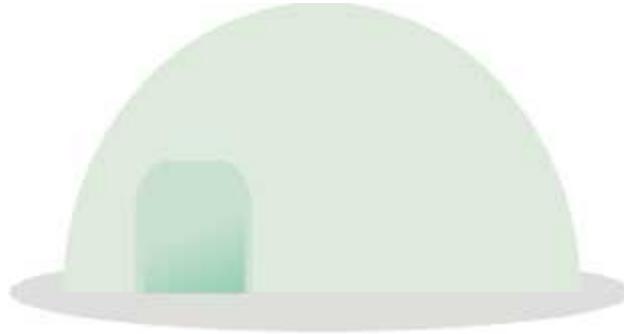


Figura 15

Exemplos:

1) (PUC-RS) No inverno, usamos roupas de lã baseados no fato de a lã:

- a) ser uma fonte de calor.
- b) ser um bom absorvente de calor.
- c) ser um bom condutor de calor.
- d) impedir que o calor do corpo se propague para o meio exterior.**
- e) n.d.a

Alternativa d. As roupas de lã são utilizadas porque evitam a perda de calor do corpo para o meio externo. Isso ocorre porque a lã possui “espaços vazios”, que são os furinhos que podemos observar nas roupas feitas por esse material. Esses espaços são ocupados por ar, que funciona como um excelente isolante térmico.

2) (UFJF) Há pessoas que preferem um copo de cerveja com colarinho e outras sem o colarinho. O colarinho é espuma que contém



ar em seu interior. Considere que a cerveja seja colocada num copo com isolamento térmico. Do ponto de vista físico, a função do colarinho pode ser:

- a) apenas estética.
- b) a de facilitar a troca de calor com o meio.
- c) a de atuar como um condutor térmico.
- d) a de atuar como um isolante térmico.**
- e) nenhuma.

Fluxo de Calor ou Lei da Condução Térmica

Observe a figura abaixo: uma parede de tijolos de um ambiente recebendo a luz solar durante toda a manhã e tarde, num dia de verão. Provavelmente esta parede, ao anoitecer, ainda estará aquecida. Esse aquecimento vai depender do material de que é feita a parede e da espessura desta, lembrando que alguns materiais são bons condutores de calor e outros não. Também vai depender da temperatura do ambiente externo e interno da sala de aula. É importante destacar que atualmente alguns engenheiros têm essa preocupação de construir casas ou prédios com isolamento térmico, para maior conforto das pessoas ou famílias que irão morar nesse ambiente ou frequentá-los.

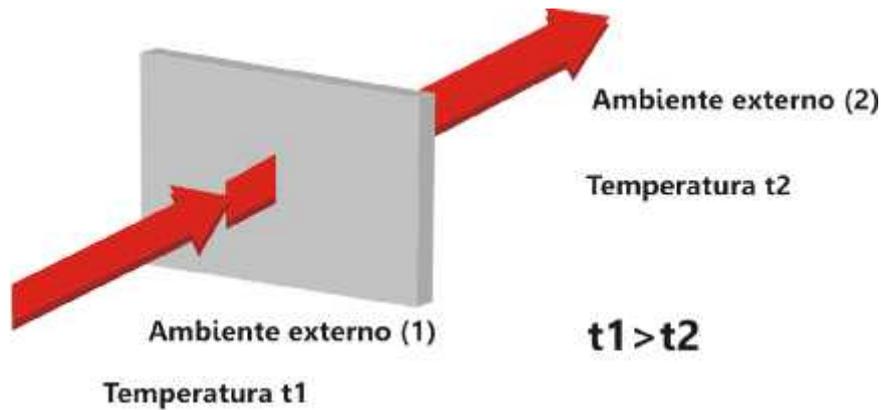


Figura 16

Seja S uma superfície recebendo a luz solar onde 1 é o ambiente externo e 2 o ambiente interno, o calor se propaga do ambiente de maior temperatura para o ambiente de menor temperatura, ou seja, do ambiente 1 para o ambiente 2. O fluxo de calor (Φ), ou seja, a quantidade de calor (Δt) que se propaga através da superfície S num intervalo de tempo (Δt) é determinado pela equação a seguir.

$$\Phi = \frac{q}{\Delta t}; \text{ (cal/s) ou (K/s)}$$

Considere dois ambientes de temperaturas diferentes de acordo com a figura 18, um de temperatura t_2 e o outro de temperatura t_1 , sendo $t_2 > t_1$. Estão separados por uma parede de espessura L e área A .

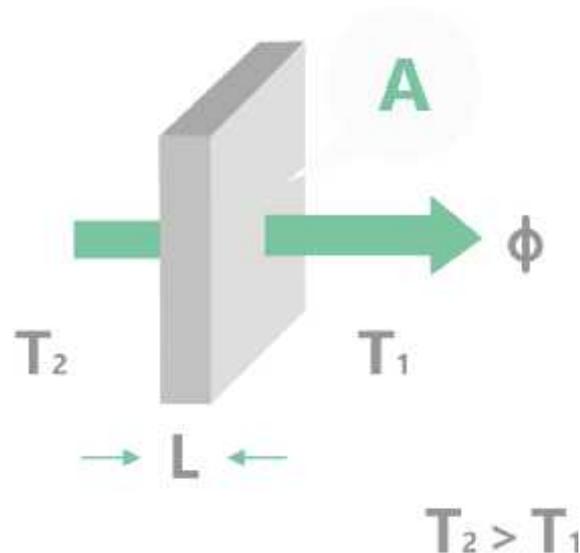


Figura 17

O fluxo de calor Φ , que atravessa a parede depende da área (A) da superfície, de sua espessura (L), do intervalo de tempo (Δt) e do material que a constitui, lembrando que esse fluxo se dá em regime estacionário.

Segundo Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007) o fluxo de calor por condução num material homogêneo é diretamente proporcional à sua área e à diferença de temperatura entre os extremos, e inversamente proporcional à espessura do material. Isso se dá através do regime estacionário ou regime permanente.

Esse enunciado é conhecido como a Lei de Fourier, matematicamente é expresso pela fórmula:

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot (t_2 - t_1)}{L}$$

Na fórmula acima k é uma constante de proporcionalidade que depende da natureza do material, denominada coeficiente condutibilidade térmica, que nada mais é do que a capacidade que o material tem em conduzir calor. Quanto melhor condutor de calor é o material, mais elevado é o valor de k, e para isolantes térmicos o valor de k diminui.

No entanto, o fluxo de calor pode ser calculado através da parede de espessura L, de acordo com a figura 19. Note que o fluxo de calor representa a taxa de transferência de calor por unidade de área, ou seja, por cada metro quadrado de área superficial da parede.

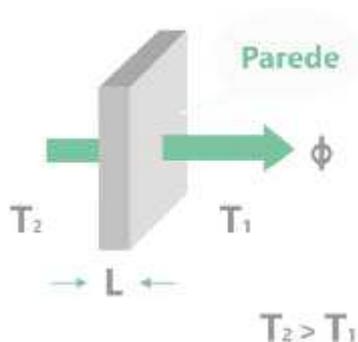


Figura 18

Unidades de medidas:

Φ (fluxo de calor) = cal/s; J/s ; W

k (constante da condutividade térmica) = cal/s.cm.°C ou J/s.m.k

Δt (variação de temperatura) = K, °C ou °F

L (espessura do superfície) = m ou cm

A (área da superfície) = m² ou cm²

OBS: **Cal**: calorias; **s**: segundos; **J**: Joule; **W**: watts; **m**: metros; **K**: kelvin; **°C**:

Celsius; **cm**: centímetro; **°F**: Fahrenheit; **m²**: metros quadrado; **cm²**: centímetros quadrado.

Exemplos de coeficiente de condutividade térmica de alguns materiais, abaixo na tabela 1.

Material	Constante de condutividade térmica em cal/s.cm.°C
Ferro	0,18
Alumínio	0,55
Prata	1,00
Ouro	0,74
Cobre	0,92
Níquel	0,22
Concreto	0,003

Vidro	0,0020
Água	0,00143
Ar	0,000006

Tabela 1 - Tabela de valores da condutividade térmica de alguns materiais.

Exemplos:

1) (IME-RJ) Um vidro plano, com coeficiente de condutibilidade térmica 0,00183 cal/s.cm.°C, tem uma área de 1000 cm² e espessura de 3,66mm. Sendo o fluxo de calor por condução através do vidro de 2000 cal/s, calcule a diferença de temperatura entre suas faces.

- a) 40°C b) 0,40 °C c) 400 °C d) 100°C e) 10°

Dados do Problema:

$$\Phi = 200 \text{ cal/s}$$

$$K = 0,00183 \text{ cal/s.cm.}^\circ\text{C}$$

$$L = 3,66 \text{ mm} = 0,366 \text{ cm}$$

$$A = 1000 \text{ cm}^2$$

$$\Delta t = ?$$

$$\Phi = \frac{kA.(t_2 - t_1)}{L} \rightarrow \Delta t = \frac{\Phi.L}{k.A} \rightarrow \Delta t = \frac{200 \cdot 0,366}{0,00183 \cdot 1000}$$

$$\Delta t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

2) (UFES) Para resfriar um líquido, é comum colocar a vasilha que o contém dentro de um recipiente com gelo, conforme a figura. Para que o resfriamento seja mais rápido, é conveniente que a vasilha seja metálica, em vez de ser de vidro, porque o metal apresenta, em relação ao vidro, um maior valor de:

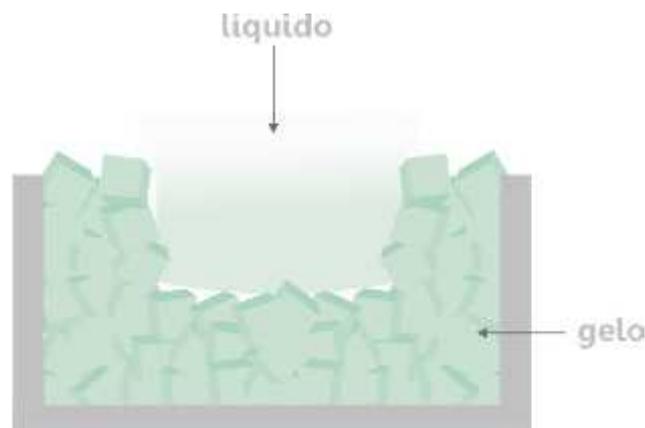


Figura 19

- a) coeficiente de dilatação térmica
- b) energia interna
- c) calor latente de fusão
- d) calor específico
- e) condutividade térmica**

3) (PUC-SP) Analise as afirmações referentes à condução térmica:

I - Para que um pedaço de carne cozinhe mais rapidamente, pode-se introduzir nele um espeto metálico. Isso se justifica pelo fato de o metal ser um bom condutor de calor.

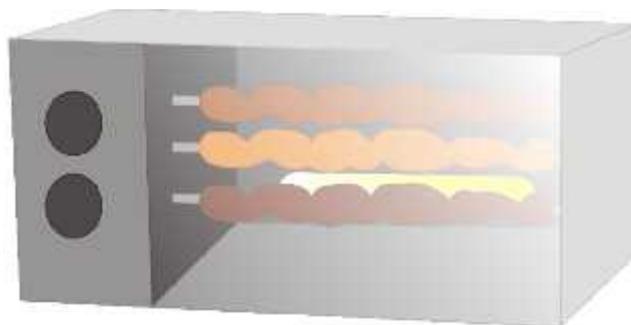


Figura 20

II - Os agasalhos de lã dificultam a perda de energia (na forma de calor) do corpo humano para o ambiente, devido ao fato de o ar aprisionado entre suas fibras ser um bom isolante térmico.



Figura 21

III - Devido à condução térmica, uma barra de metal mantém-se a uma temperatura inferior à de uma barra de madeira colocada no mesmo ambiente.

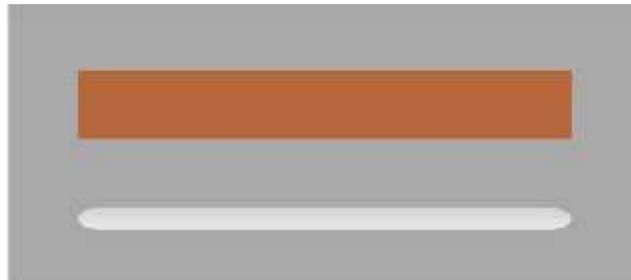


Figura 22

Podemos afirmar que:

- a) I, II e III estão corretas.
- b) I, II e III estão erradas.
- c) Apenas I está correta.
- d) Apenas II está correta.
- e) Apenas I e II estão corretas.**

alternativa E

I. Correta

II. Correta

III. Como estão no mesmo ambiente, estão em equilíbrio térmico com ele e possuem a mesma temperatura --- Falsa

Referências

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. Curitiba: Positivo, 2013. 3 v.

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. **Física aula por aula: Eletromagnetismo, Ondulatória, Física Moderna**. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 3 v.

BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física: Eletricidade Física Moderna Análise Dimensional**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 448 p.

BONJORNO, José Roberto; BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha; RAMOS, Clinton Mércio. **Física História & Cotidiano: Caderno de Atividades**. São Paulo: Ftd, 2004. 255 p. Coleção Delta.

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Eletromagnetismo, Física Moderna**. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 3 v.

EDIÇÕES SM (São Paulo). Angelo Stefanovits (Org.). Ser Protagonista: **Física**. 2. ed. São Paulo: Edições Sm, 2013. 439 p.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**. 2. ed. São Paulo: ática, 2014. 456 p.

GONÇALVES, Aurélio Filho; TOSCANO Carlos. **Física: Interação e Tecnologia**. 1º ed. São Paulo: Leya, 2013. 215p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2007. 379 p. Ronaldo Sérgio de Biase.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física Contexto & Aplicações**. São Paulo: Scipione, 2014. 400 p.

OLIVEIRA, Maurício Pietrocola Pinto de et al. **Conceitos e Contextos: pessoal, social, histórica, eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria**. São Paulo: Ftd, 2013. 2 v.

MENEZES, Luís Carlos de et al. **Coleção Quanta Física: Física 2º ano**. São Paulo: Pd, 2010. 2 V.

SANTOS, Paulo José Sena. **Física Básica D**. 1º ed. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2009. 219 p.

SERWAY, Raymond A; JEWETT, John W Jr. **Princípios da Física: Eletromagnetismo**. 3º ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 3 v.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA Gene. **Física para cientistas e engenheiros: Eletricidade e magnetismo, óptica**. 6º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 530p.

TORRES, Carlos Magno A. et al. **Física: Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 3 v.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKE, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio: Eletricidade Física Moderna**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 416 p.

EXERCÍCIOS

Temperatura, Escalas Termométricas e Calor

Questão 01: (PUC-SP-010) No LHC (Grande Colisor de Hadrons), as partículas vão correr umas contra as outras em um túnel de 27 km de extensão, que tem algumas partes resfriadas a $-271,25^{\circ}\text{C}$. Os resultados oriundos dessas colisões, entretanto, vão seguir pelo mundo todo. A grade do LHC terá 60 mil computadores. O objetivo da construção do complexo franco-suíço, que custou US\$ 10 bilhões e é administrado pelo CERN (Organização Europeia de Pesquisa Nuclear, na sigla em francês), é revolucionar a forma de se enxergar o Universo.



A temperatura citada no texto, expressa nas escalas Fahrenheit e Kelvin, equivale, respectivamente, aos valores aproximados de:

- a) -456 e 544 b) -456 e 2 c) 520 e 544 d) 520 e 2 **e) -456 e -2**

Transformando de Celsius para Fahrenheit.

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

$$5 \quad 9$$

$$-271,25 = \frac{T^{\circ}\text{F} - 32}{9} \cdot 5$$

$$5 \quad 9$$

$$5 T^{\circ}\text{F} - 160 = -2441,25$$

$$5 T^{\circ}\text{F} = -2441,25 + 160$$

$$5 T^{\circ}\text{F} = -2281,25$$

$$T^{\circ}\text{F} = \frac{-2281,25}{5}$$

$$5$$

$$T^{\circ}\text{F} = -456,25^{\circ}\text{F}$$

Transformando de Celsius para Kelvin.

$$T^{\circ}\text{C} = \frac{TK - 273}{5}$$

$$5 \quad 5$$

$$\frac{-271,25}{5} = \frac{TK - 273}{5}$$

$$5 \quad 5$$

$$-271,25 = TK - 273$$

$$TK = -273 + 271,25$$

$$TK = -1,75\text{K}$$

Questão 02: (Unifor CE/Janeiro) A temperatura de determinada substância é 50°F . A temperatura absoluta dessa substância, em kelvins, é

- a) 343
- b) 323
- c) 310
- d) 283**
- e) 273

$$TK - 273 = \frac{T^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$TK - 273 = \frac{50 - 32}{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$TK - 273 = \frac{18}{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$9TK - 2457 = 90$$

$$9TK = 90 + 2457$$

$$9TK = 2547$$

$$TK = \frac{2547}{9}$$

9

TK= 283 K

Questão 03: (Unifor CE/Janeiro) Mediu-se a temperatura de um corpo com dois termômetros: um graduado na escala Celsius, e outro, na escala Fahrenheit. Verificou-se que as indicações nas duas escalas eram iguais em valor absoluto. Um possível valor para a temperatura do corpo, na escala Celsius, é

- a) -25
- b) -11,4
- c) 6,0
- d) 11,4
- e) 40**

$$\frac{T^{\circ}\text{C}}{5} = \frac{T^{\circ}\text{F} - 32}{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$\frac{T}{5} = \frac{T - 32}{9}$$

$$5 \quad 9$$

$$9T = 5T - 160$$

$$9T - 5T = -160$$

$$4T = -160$$

$$T = \frac{-160}{4}$$

$$4$$

$$T = -40$$

Questão 04: (FGV SP) Em relação à termometria, é certo dizer que:

- a) - 273 K representa a menor temperatura possível de ser atingida por qualquer substância.
- b) a quantidade de calor de uma substância equivale à sua temperatura.

c) em uma porta de madeira, a maçaneta metálica está sempre mais fria que a porta.

d) a escala Kelvin é conhecida como absoluta porque só admite valores positivos.

e) o estado físico de uma substância depende exclusivamente da temperatura em que ela se encontra.

Questão 05: (Unifesp SP/1Fase) O texto a seguir foi extraído de uma matéria sobre congelamento de cadáveres para sua preservação por muitos anos, publicada no jornal O Estado de S. Paulo de 21.07.2002. Após a morte clínica, o corpo é resfriado com gelo. Uma injeção de anticoagulantes é aplicada e um fluido especial é bombeado para o coração, espalhando-se pelo corpo e empurrando para fora os fluidos naturais. O corpo é colocado numa câmara com gás nitrogênio, onde os fluidos endurecem em vez de congelar. Assim que atinge a temperatura de -321 , o corpo é levado para um tanque de nitrogênio líquido, onde fica de cabeça para baixo. Na matéria, não consta a unidade de temperatura usada. Considerando que o valor indicado de -321 esteja correto e que pertença a uma das escalas, Kelvin, Celsius ou Fahrenheit, pode-se concluir que foi usada a escala:

a) Kelvin, pois trata-se de um trabalho científico e esta é a unidade adotada pelo Sistema Internacional.

b) Fahrenheit, por ser um valor inferior ao zero absoluto e, portanto, só pode ser medido nessa escala.

c) Fahrenheit, pois as escalas Celsius e Kelvin não admitem esse valor numérico de temperatura.

d) Celsius, pois só ela tem valores numéricos negativos para a indicação de temperaturas.

e) Celsius, por tratar-se de uma matéria publicada em língua portuguesa e essa ser a unidade adotada oficialmente no Brasil.

Questão 06: (Vunesp- SP) Quando uma enfermeira coloca um termômetro clínico de mercúrio sob a língua de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário.

- a) **para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.**
- b) para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- c) para que o mercúrio passe pelo estrangulamento do tubo capilar.
- d) devido à diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.
- e) porque o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do coeficiente de dilatação do mercúrio.

EXERCÍCIOS

Condução

Questão 01: (UN. MACKENZIE) Dos processos a seguir, o único onde praticamente todo o calor se propaga por condução é quando ele se transfere:

- a) Do Sol para a Terra.
- b) Da chama de um gás para a superfície livre de um líquido contido num bulbo que está sobre ela.
- c) Do fundo de um copo de água para um cubo de gelo que nela flutua.
- d) De uma lâmpada acesa para o ar que a cerca.

e) De um soldador para o metal que está sendo soldado.

Questão 02: (FAIPAR – PR) Uma carteira escolar é construída com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda, embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:

- a) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;
- b) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro;
- c) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira;

d) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor;

e) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a madeira conduz melhor o calor.

Questão 03: (Olimpíada Brasileira de Física) Um estudante caminha descalço em um dia em que a temperatura ambiente é de 28 °C. Em um certo ponto, o piso

de cerâmica muda para um assoalho de madeira, estando ambos em equilíbrio térmico. O estudante tem então a sensação de que a cerâmica estava mais fria que a madeira. Refletindo um pouco, ele conclui corretamente, que:

a) a sensação de que as temperaturas são diferentes de fato representa a realidade física, uma vez que a cerâmica tem uma capacidade calorífica menor que a madeira.

b) a sensação de que as temperaturas são diferentes não representa a realidade física, uma vez que a cerâmica tem uma capacidade calorífica menor que a madeira.

c) a sensação de que as temperaturas são diferentes de fato representa a realidade física, uma vez que a condutividade térmica da cerâmica é maior que a da madeira.

d) a sensação de que as temperaturas são diferentes não representa a realidade física, uma vez que a condutividade térmica da cerâmica é maior que a da madeira.

Questão 04: Uma panela com água está sendo aquecida num fogão. O calor das chamas se transmite através da parede do fundo da panela para a água que está em contato com essa parede. Na ordem desta descrição, o calor se transmitiu predominantemente por:

a) radiação

b) condução

c) convecção

d) condução e convecção

e) radiação, condução e convecção

Questão 05: Sobre propagação de calor por condução é correto afirmar que:

01. No vácuo, a única forma de transmissão de calor é por condução.

02. Calor se propaga nos fluídos em geral.

04. O calor se propagando em uma barra metálica.

08. O processo de condução térmica consiste na movimentação de partes do fluido dentro do próprio fluido em razão da diferença de densidade entre as partes do fluido.

16. As paredes espelhadas minimizam a perda de energia por condução.

32. É o processo de transferência de energia através de um meio material, sem transporte de matéria. a energia térmica se propaga de partícula para partícula do meio.

Questão 06: (IME-RJ) Um vidro plano, com coeficiente de condutibilidade térmica $0,00183 \text{ cal/s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}$, tem uma área de 1000 cm^2 e espessura de $3,66 \text{ mm}$. Sendo o fluxo de calor por condução através do vidro de 2000 calorias por segundo, calcule a diferença de temperatura entre suas faces.

Solução:

Onde:

$$\Phi = 2000 \text{ cal/s}$$

$$A = 1000 \text{ cm}^2$$

$$L = 0,366 \text{ cm}$$

$$k = 0,00183 \text{ cal/(s.cm.}^\circ\text{C)}$$

$$(T_2 - T_1) = ?$$

Substituindo na fórmula:

$$\Phi = \frac{k \cdot A \cdot (t_2 - t_1)}{L}$$

$$2000 = \frac{0,00183 \cdot 1000 \cdot (T_2 - T_1)}{0,366}$$

$$2000 \cdot 0,366 = 1,83 (T_2 - T_1)$$

$$732 = 1,83(T_2 - T_1)$$

$$1,83(T_2 - T_1) = 732$$

$$(T_2 - T_1) = \frac{732}{1,83}$$

$$(T_2 - T_1) = 400^\circ\text{C}$$

Plano de Aula

Temperatura, Escalas Termométricas e Calor

Tema: Temperatura, escalas termométricas e calor

Disciplina: Física

Série, Nível: 2º ano- Ensino Médio

Números de aulas: 6 horas/aula

Justificativa: As mudanças sociais e culturais estão abrindo caminho para novas formas de aprender e ensinar para além do quadro e giz. De fato, parece claro que boa parte de nossos alunos não precisam de mais informações, visto que são bombardeados pelas mesmas. Independente da metodologia, das atividades e estratégias usadas no processo de ensino e aprendizagem, ela deve proporcionar ao estudante compreender os conceitos e aplicações de temperatura, escalas termométricas e calor. Nesse caminho, a experimentação remota por meio de dispositivos móveis ou convencionais com acesso a internet, tem se mostrado um instrumento privilegiado para a escola contemporânea, pois oportuniza aproximar a teoria da prática. Fomenta o uso da tecnologia, não apenas como mero instrumento de informação, mas possibilita a compreensão e interpretação do conhecimento científico e tecnológico.

Objetivo geral: Proporcionar ao estudante compreender os conceitos e aplicações de temperatura, escalas termométricas e calor.

Objetivos específicos:

O aluno deverá ser capaz de:

- a- entender os conceitos teóricos de temperatura e calor;
- b- reconhecer e compreender as escalas termométricas Celsius, Fahrenheit e Kelvin;
- c- operar transformações entre as escalas termométricas;
- d- fomentar a indagação e reflexão sobre o que foi observado no experimento de “Condução Térmica” em relação às mudanças de temperatura;
- e- conhecer a unidade de medida de temperatura e calor no SI.

Observações sobre os diferentes conhecimentos articulados no processo de ensino e aprendizagem do experimento “Condução Térmica”.

Conhecimentos:

a. Conteúdo (C):

- I. Conceitos de temperatura, escalas termométricas e calor.
- II. Aplicações das escalas termométricas.
- III. Efeitos de temperatura e calor.

b. Pedagógico (P):

- I. Aula expositiva;
- II. Atividades de Fixação;
- III. Experimentação Remota.

c. Tecnológico (T):

- I. Experimento remoto Condução Térmica;
- II. Dispositivos móveis;
- III. Acesso à internet;
- IV. Ambiente Virtual de Aprendizagem - Moodle;

d. Tecnológico Pedagógico (TPK):

- I. Inclusão do conteúdo no Moodle para que o aluno possa utilizar-se dele para estudos em casa.
- II. Utilização do Moodle nas atividades de fixação, com a aplicação de questionários.
- III. Efetuar a atividade prática da disciplina através da experimentação remota utilizando computadores do laboratório ou dispositivos móveis.

Articulando os conhecimentos na aula:

1. Pedagógico do Conteúdo (PCK):

No dia a dia, comumente ouvimos uma interpretação equivocada sobre a definição de temperatura e calor, que identificadas e reconhecidas pelos professores são fundamentais para avançar no processo de ensino e aprendizagem. Ao conhecer quais são as concepções trazidas pelos alunos para a sala de aula, o professor poderá definir o melhor caminho a ser seguido para a ruptura de conceitos equivocados, avançando para outras abordagens como as escalas termométricas e transformações. Independente do caminho a ser seguido, a experimentação remota com auxílio de dispositivos móveis ou convencionais, tem se mostrado um instrumento enriquecedor desse processo, pois permite aproximar a teoria da prática, com experimentação real.

2. Tecnológico do Conteúdo (TCK):

Utilização e observação do experimento remoto “Condução Térmica”, disponível em <http://relle.ufsc.br/rlms/experiments.php> através de dispositivos móveis ou convencionais.



Acesso ao experimento remoto utilizando dispositivos móveis ou convencionais.

Acessar o ambiente e efetuar os seguintes procedimentos:

- 1) Observe o experimento. Qual a escala termométrica trabalhada no experimento?
- 2) De que material são constituídas as três barras do experimento?
- 3) Quais as mudanças de temperatura registradas pelos três sensores acomodados em cada barra do experimento para iguais variações de intervalos de tempo?
- 4) Qual das três barras atinge primeiro a maior temperatura?
- 5) Nos três sensores acomodados em cada uma das três barras do experimento, qual o valor da menor e maior temperatura, nas escalas *Kelvin* em *Fahrenheit*?
- 6) Qual a variação de temperatura nas três barras do experimento nas escalas *Celsius*, *Kelvin* e *Fahrenheit*? (Considere a menor e a maior temperatura de cada barra).

3. Tecnológico-Pedagógico do Conteúdo (TPACK):

- a. Durante a demonstração dos experimentos ocorrerão perguntas sobre a observação contínua do experimento:
 - I. Como os conceitos abordados podem ser observados na experiência?
 - II. Quais outras experiências do cotidiano utilizam os mesmos conceitos?
- b. Após o experimento, os alunos acessarão o Moodle a partir de computadores convencionais do laboratório de computação ou de dispositivos móveis e responderão às atividades de fixação.

Bibliografia Consultada

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. Curitiba: Editora Positivo, 2013. 2 v.

BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física 2: Termologia, Ondulatória e Óptica**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 464 p.

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Termologia - Óptica - Ondulatória**. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 2 v.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Ensino Médio**. São Paulo: ática, 2014. 424 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 296 p. Flávio Menezes de Aguiar e José Wellington Rocha Tabosa.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÀLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física Contexto & Aplicações: Ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2014. 400 p.

KANTOR, Carlos A. et al. **Coleção Quanta Física: Ensino Médio**. São Paulo: Editora Pd, 2010. 3 v.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. A aprendizagem e o Ensino de Ciências- Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da física 2: Termologia, Óptica e Ondas**. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.

TORRES, Carlos Magno A. et al. **Física Ciência e Tecnologia: Termologia. Óptica, Ondas**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 2 v.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio: Termologia - Óptica - Ondulatória**. 3. ed. 2013: Editora Saraiva, 2013. 432 p.

Plano de Aula

Condução Térmica

Tema: Condução Térmica

Disciplina: Física

Série, Nível: 2º ano- Ensino Médio

Números de aulas: 4 horas/aula

Justificativa:

O conceito de condução térmica em meios materiais está associado à transferência de energia de uma região para outra, resultado da diferença de temperatura entre elas. Essa transferência de energia entre as moléculas não é observável pelos nossos olhos. Com isso, a experimentação remota “Condução Térmica” com uso de dispositivos móveis ou convencionais com acesso a internet, tem se mostrado um instrumento enriquecedor no processo de ensino e aprendizagem, pois permite a verificação do aumento de temperatura em diferentes metais da região de menor energia para de maior energia. Fica como princípio que, quanto mais variado e rico for o instrumento usado pelo professor, maiores condições ele terá para promover a aprendizagem significativa dos seus alunos. Pois, ninguém aprende sem ver sentido naquilo que está aprendendo.

Objetivo geral: Possibilitar ao aluno compreender os conceitos da condução térmica.

Objetivos específicos:

O aluno deverá ser capaz de:

- a- compreender os conceitos teóricos de condução térmica;

- b- explorar a experimentação remota “Condução Térmica” em situação real para análise da mudança de temperatura durante o aquecimento das barras de metais diferentes;
- c- relacionar a mudança de temperatura nas barras com o tipo de metal constituinte;
- d- associar a mudança de temperatura na experimentação remota “Condução Térmica” com o processo de transmissão de energia de uma região para outra;
- e- relacionar a condução térmica com aplicações no dia a dia;
- f- reconhecer materiais condutores de energia térmica.

Observações sobre os diferentes conhecimentos articulados no processo de ensino e aprendizagem do experimento “Condução Térmica”.

Conhecimentos:

a. Conteúdo (C):

- I. Conceitos de condução térmica.
- II. Efeitos da condução térmica.
- III. Aplicações da condução térmica.

b. Pedagógico (P):

- I. Aula expositiva;
- II. Atividades de Fixação;
- III. Experimentação Remota.

c. Tecnológico (T):

- I. Experimento remoto Condução Térmica;

- II. Dispositivos móveis;
- III. Acesso à internet;
- IV. Ambiente Virtual de Aprendizagem - Moodle;

d. Tecnológico Pedagógico (TPK):

- I. Inclusão do conteúdo no Moodle para que o aluno possa utilizar-se dele para estudos em casa.
- II. Utilização do Moodle nas atividades de fixação, com a aplicação de questionários.
- III. Efetuar a atividade prática da disciplina através da experimentação remota utilizando computadores do laboratório ou dispositivos móveis.

Articulando os conhecimentos na aula:

1. Pedagógico do Conteúdo (PCK):

A proposta de inserir no processo de ensino e aprendizagem a prática da experimentação, não é para seguir o “apêndice do método científico”, mas para ser um instrumento mediador do ensino de condução térmica. As atividades experimentais ganham relevância no envolvimento dos alunos com prática, onde a riqueza está nas discussões e estruturação de argumentos que favoreçam a construção do conhecimento científico. Durante a realização da atividade de experimentação remota o professor pode estimular algumas questões para exploração pelos alunos, como:

- I- Por que as barras de aquecimento do experimento sofrem aumento de temperatura de forma diferente?
- II- Qual a variação de temperatura para cada uma das barras em dado intervalo de tempo?
- III- Por que as barras do experimento são de metais e não de outros materiais?

Por meio dessas questões o professor pode estimular discussões, redirecionado novas perguntas no sentido de potencializar as aprendizagens sobre condução térmica.

IV- Por que ao tocarmos em metal ele parece estar mais frio do que ao tocarmos em madeira?

V- O que há de errado no termo “esse casaco me esquento”?

Ainda, para melhor compreensão dos conceitos, o professor pode trabalhar com outras estratégias e atividades potencialmente significativas dentro do processo de ensino e aprendizagem.

2. Tecnológico do Conteúdo (TCK):

Utilização e observação do experimento remoto “Condução Térmica”, disponível em <http://relle.ufsc.br/rlms/experiments.php> através de dispositivos móveis ou convencionais.



Acesso ao experimento remoto utilizando dispositivos móveis ou convencionais.

Acessar o ambiente e efetuar os seguintes procedimentos:

- 1) Ao operar o experimento o que você observa em relação as temperaturas da três barras quando este atinge a temperatura limite? Justifique sua resposta.
- 2) Qual das barras apresenta maior coeficiente de condutibilidade?
- 3) Por que cada barra apresenta leituras diferentes em seus três sensores?
- 4) Qual das barras a propagação de calor se da mais rapidamente? Justifique sua resposta.

4. Tecnológico-Pedagógico do Conteúdo (TPACK):

- a. Durante a demonstração dos experimentos ocorrerão perguntas sobre a observação contínua do experimento:
 - I. Como os conceitos abordados podem ser observados na experiência?
 - II. Quais outras experiências do cotidiano utilizam os mesmos conceitos?
- b. Após o experimento, os alunos acessarão o Moodle a partir de computadores convencionais do laboratório de computação ou de dispositivos móveis e responderão às atividades de fixação.

Bibliografia Consultada

ARTUSO, Alysson Ramos; WRUBLEWSKI, Marlon. **Física**. Curitiba: Editora Positivo, 2013. 2 v.

BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. **Física 2: Termologia, Ondulatória e Óptica**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 464 p.

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Termologia - Óptica - Ondulatória**. 2. ed. São Paulo: Ftd, 2013. 2 v.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física:** Ensino Médio. São Paulo: ática, 2014. 424 p.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física:** Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 296 p. Flávio Menezes de Aguiar e José Wellington Rocha Tabosa.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÀLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física Contexto & Aplicações:** Ensino Médio. São Paulo: Scipione, 2014. 400 p.

KANTOR, Carlos A. et al. **Coleção Quanta Física:** Ensino Médio. São Paulo: Editora Pd, 2010. 3 v.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências-** Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da física 2:** Termologia, Óptica e Ondas. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.

TORRES, Carlos Magno A. et al. **Física Ciência e Tecnologia:** Termologia. Óptica, Ondas. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013. 2 v.

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio:** Termologia - Óptica - Ondulatória. 3. ed. 2013: Editora Saraiva, 2013. 432 p.

