

Tema – Energia Térmica

Tópico – Transferência de calor por condução e convecção

Prof. Alfonso Chíncaro Bernuy
(chincaro@mail.com)

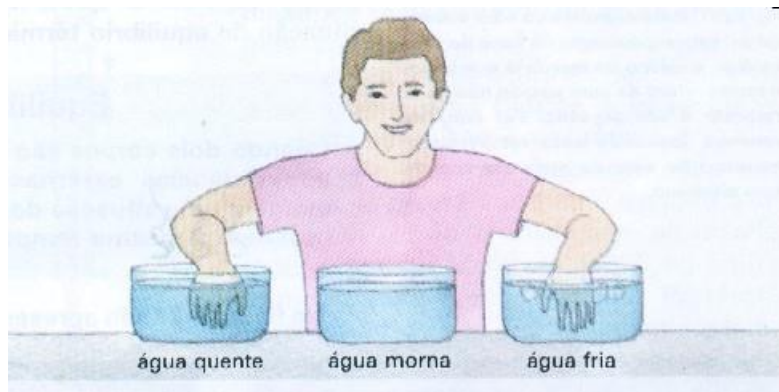
Introdução ao conceito de temperatura e o uso de termômetros

Vale a pena ressaltar que o tópico temperatura pertencente ao tema calor, que consta como parte integrante dos conteúdos complementares a ser ministrado a partir do 2º ano do ensino médio. Mas mesmo assim acreditamos pertinente realizar uma breve descrição do que a ciência entende por temperatura e o uso de termômetros como aparelho de medida desta grandeza física.

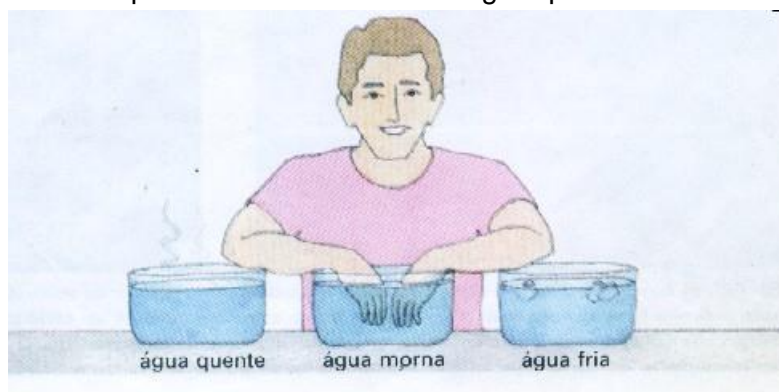
A temperatura de um corpo é um dos sete padrões básicos do **SI**, ao lado do comprimento, da massa, do tempo, da corrente elétrica, da quantidade de substância e da intensidade luminosa. Grandeza física associada às sensações táteis de frio ou quente que ele nos transmite, está relacionada como o nível de agitação atômico/molecular: quanto maior a agitação, maior a temperatura.

As sensações táteis de frio ou quente nos servem apenas como ponto de partida para avaliar temperaturas; além de subjetivas, elas podem nos enganar. Duas experiências mostram isso.

- Num dia frio, você toca num objeto metálico e num de madeira; o segundo lhe parecerá mais quente, embora ambos, provavelmente, estejam à mesma temperatura;
- Você coloca uma das mãos dentro de um recipiente que contém água fria e a outra em água quente, deixando-as lá por alguns segundos,



Ao colocar as duas mãos num recipiente com água morna, receberá de cada mão uma informação diferente: a mão que estava acostumada à água fria lhe informará uma temperatura maior do que estava acostumada à água quente.



Assim, desde que o homem se preocupou realmente em medir temperaturas, percebeu que, para isso, deveria criar escalas numéricas e instrumentos menos subjetivos do que os seus próprios sentidos. Estes instrumentos graduados como você ter conhecimento é denominado de **termômetro**.

Os termômetros são muito usados em nossa sociedade. Nos noticiários, diariamente são anunciadas as temperaturas máxima e mínima de diversas cidades do Brasil e do mundo. Além disso, os termômetros são utilizados para determinar a temperatura do corpo humano, sendo um importante instrumento de informação das nossas condições de saúde. A proximidade com estes instrumentos pode motivar os alunos a tentar compreender como o termômetro funciona e como aprimorar sua utilização.

O funcionamento de todos os termômetros se baseia num mesmo processo: o instrumento entra em equilíbrio térmico com o sistema cuja temperatura se deseja medir. Assim quando colocamos um termômetro dentro de um sistema, ele vai receber (ou ceder) calor do (ao) sistema e vai alterar sua temperatura até atingir o equilíbrio térmico (Lei Zero da Termodinâmica).

Neste primeiro momento podemos desenvolver a habilidade de utilizar diversos tipos de termômetros sabendo explicar o princípio de funcionamento dos mesmos. Além disso, também se espera que os alunos aprendam a conceituar a temperatura a partir da utilização destes instrumentos. Finalmente, é importante ensinar a “Lei Zero da Termodinâmica” e a forma de construção de escalas termométricas em particular a escala Celsius e a escala absoluta de temperatura, mostrando o significado e o limite de temperatura desta última escala (0 K).

Transferência de calor

Prof. Carlos Villani
(carlosvillani@yahoo.com.br)

Porque ensinar

A compreensão dos processos de transferência de calor é essencial para que possamos explicar e prever inúmeras situações práticas em nossas vidas cotidianas. O simples fato de optarmos por roupas leves e claras no verão e roupas mais espessas e de cor escura no inverno justifica-se em termos das taxas de transferência de calor (taxas de emissão e absorção). Da mesma forma a escolha dos materiais de acabamento de uma casa deve levar em conta as sensações de quente e de frio que os futuros proprietários desejam. A busca por novos materiais, que produzam os efeitos desejáveis com relação aos processos de transferência de calor nas indústrias de construção civil, de moda, ou de materiais esportivos, etc. tem evidenciado importância que este tópico possui para mercados emergentes. Desta forma o ensino deste tópico justifica-se principalmente, em função das **razões socioeconômicas** apresentadas no documento da proposta curricular de Física do PDP. Assim, podemos dizer que este tópico é útil para qualificar nossos alunos a pensarem soluções de problemas técnicos e científicos, que é uma habilidade essencial para a manutenção de uma nação economicamente forte, com prestígio e poder no plano internacional.

Condições prévias para ensinar

Para ensinar este tópico é desejável que o aluno tenha passado pelas primeiras noções de temperatura a partir do uso de termômetros e de saber explicar a diferença entre temperatura e energia total contida num corpo. Caso contrário o professor pode optar por utilizar a seguinte idéia para iniciar a abordagem deste tema: a energia que é transferida devido a uma diferença de temperatura entre dois corpos é chamada de calor. As sensações de quente e de frio estão relacionadas à taxa de transferência de energia de um corpo para outro. Por isso os corpos com temperaturas mais elevadas podem transferir calor para sua vizinhança ou para outros corpos com temperaturas mais baixas. A quantidade de calor transferida por unidade de tempo de um corpo para outro é denominada de “taxa de transferência de calor” e depende tanto da diferença de temperatura entre os corpos quanto de uma característica dos materiais denominada “coeficiente de condutividade térmica”. Assim quanto maior a taxa de transferência de calor maior a sensação de quente ou de frio que experimentamos quando tocamos em um corpo. Esta sensação é subjetiva, por isso podemos ter sensações diferentes de quente e de frio se utilizarmos nossas mãos para determinar a temperatura de um mesmo corpo. Este fato justifica a necessidade de utilizarmos um medidor calibrado, no caso os termômetros para medirmos temperaturas. Por isso, para explicarmos estas sensações térmicas, é necessário utilizarmos o conceito de “transferência de calor”.

O que ensinar

Para o ensino deste tópico é essencial que o aluno consiga relacionar corretamente os conceitos de temperatura, coeficiente de condutividade térmica, taxa de transferência de calor e equilíbrio térmico. Assim, espera-se que ao final do período de ensino deste tópico o aluno tenha desenvolvido as habilidades de saber explicar os processos pelos quais corpos com diferentes temperaturas trocam calor até que atinjam o equilíbrio térmico. Esses processos são denominados de condução, convecção e radiação térmica. Além disso, o aluno deverá também compreender como os corpos feitos de materiais com baixa condutividade térmica (isolantes) podem reduzir a taxa de transferência de calor e como eles podem ser usados no contexto diário, bem como suas aplicações técnicas.

Como ensinar

Abordagem teórica

Uma atividade interessante para estudar os fenômenos de transferência de calor é utilizar uma garrafa térmica quebrada para tentar identificar os diferentes mecanismos que impedem a troca de calor deste dispositivo com o ambiente. Neste caso é recomendado que os alunos busquem associar cada mecanismo identificado com o processo de transferência de calor que o mesmo visa reduzir. Assim devem ser feitas as seguintes associações: 1) o recipiente de vidro contém paredes duplas para que possa ser feito vácuo entre elas. Este mecanismo visa evitar a transferência de calor por condução uma vez que este processo não ocorre no vácuo. Este mecanismo também impede a transferência de calor por convecção pois este processo só ocorre em função de correntes no interior de um fluido aquecido que ao se mover transporta energia com ele; 2) No recipiente, as paredes de vidro internas são espelhadas. Este mecanismo visa evitar a transferência de calor por radiação, uma vez que as superfícies espelhadas refletem as ondas de calor que permanecem na garrafa; 3) Uma tampa bem justa feita de cortiça ou plástico veda a boca da garrafa. Este mecanismo também visa evitar a transferência de calor por condução uma vez que estes materiais são isolantes térmicos pois, possuem um baixo coeficiente de condutividade térmica.

Uma segunda atividade que é sugerida no CBC é mostrar exemplos de uso de máquinas térmicas ou geladeiras para desenvolver as habilidades do tópico transferência de calor por

convecção. Nesse caso sugerimos explicar os processos de transmissão de calor por condução que ocorrem entre o ar e o congelador, e entre a serpentina e o ambiente, enfatizando a necessidade de descongelarmos periodicamente o congelador (pois o gelo é um isolante térmico) e evitarmos colocar obstáculos (tais como toalhas molhadas atrás de geladeira) que impedem a troca de calor da serpentina com o ambiente. Também é importante associar o processo de transmissão de calor por convecção (desde que o congelador esteja localizado na parte superior da geladeira) com o resfriamento dos alimentos. Este resfriamento ocorre devido as correntes de convecção que precisam ser formadas no interior da geladeira. Neste sentido podemos enfatizar a importância de não usarmos plásticos ou panos nas prateleiras da geladeira, o que irá impedir a formação de tais correntes de convecção, aumentando o tempo necessário para resfriar os alimentos e conseqüentemente aumentando também o consumo (e a conta) de energia elétrica.

Abordagem fenomenológica

Uma atividade prática muito interessante para ensinar este tópico a partir de uma abordagem fenomenológica é sugerida no livro “Física Conceitual”. Ela consiste em realizarmos uma experiência com materiais muito simples. O professor pode executar tal atividade como demonstração ou como atividade em pequenos grupos em laboratório ou até mesmo na própria sala de aula. Os materiais necessários para a atividade de demonstração são: uma vela, fósforos, um tubo de ensaio, um chumaço de palha de aço, gelo picado (ou em cubos pequenos) e água. Se o professor optar pela realização da atividade em grupos os materiais devem ser multiplicados pelo número de grupos. Vamos para a atividade. Coloque um pouco de gelo picado no fundo de um tubo de ensaio e em seguida calce-o com um pequeno chumaço de palha de aço. Adicione água ao tubo. Segurando o tubo pela parte do fundo, procure aquecer a água que se encontra na sua outra extremidade, com a chamada vela. Durante este processo procure fazer perguntas verificando as expectativas dos alunos com relação ao que deve ocorrer. Para a surpresa de muitos a água irá ferver enquanto que o gelo nem sequer irá derreter. Peça para os alunos descreverem os processos de transmissão de calor que eles observaram (radiação e condução) e fazerem uma previsão do que poderia ocorrer se fosse colocada água no fundo do tubo e gelo na sua extremidade superior (o derretimento do gelo, o aparecimento de correntes de convecção e o aquecimento da água no fundo do tubo). É importante evidenciar que o não derretimento do gelo está associado ao fato da água e do vidro serem isolantes térmicos. Repita a experiência colocando arames de ferro ligando as duas extremidades do tubo para mostrar que os metais são bons condutores térmicos.

Abordagem tecnológica

Pode-se pedir aos alunos para pesquisar os processos de transferência de calor que ocorrem em um dispositivo tal como um aquecedor solar usado em residências brasileiras típicas. Neste caso pode-se utilizar o valor da chamada “constante solar” que representa a potência solar, ou seja, a quantidade de energia solar recebida a cada segundo por uma unidade de área em nosso planeta ($1,4 \text{ kW/m}^2$), para verificar as relações tecnológicas de viabilidade de utilização dessa energia. Para isto é necessário verificar quanta energia é dissipada para o ambiente, nas placas de um aquecedor e quais as formas e os custos de medidas para reduzir tais “perdas” e se elas seriam de fato necessárias para beneficiar a população (alterações dos tipos de materiais das serpentinas, da sua espessura e forma, do tipo de vidro utilizado, da dimensão das placas, além do isolamento térmico dos reservatórios e da distância entre a altura dos reservatórios de água quente e fria respectivamente).

Como avaliar

A avaliação da aprendizagem neste tópico pode ser feita de várias formas. Em primeiro lugar podemos utilizar questões abertas ou de múltipla escolha. Existe um banco de itens de teste de múltipla escolha neste mesmo site do CRV que pode ser bastante utilizado. Tais questões podem ser utilizadas durante as aulas onde os alunos individualmente ou em grupos possam discutir a sua solução. Outra possibilidade é pedir que os alunos realizem atividades como pesquisa em sites da Internet ou solicitar que sejam feitos relatórios nas atividades práticas propostas nas abordagens fenomenológica e tecnológica. Questões dissertativas podem ser aplicadas, como por exemplo, escrever um texto, fisicamente correto, contendo algumas palavras-chave tais como, condutividade térmica, transferência de calor, temperatura e processos de transferência de calor. Sugerimos que os alunos pesquisem em companhias e lojas que produzem aquecedores solares para verificarem materiais usados, a forma como eles são interligados, eficiências, posicionamento no telhado no momento da instalação, custos, etc. e apresentem trabalhos, por exemplo, na forma de painéis.

Referências:

1. - Física Conceitual – Paul G. Hewitt – ed. Bookman 9ª Edição (Pág. 268 ao 271 e 281 ao 293)
- 2 – Física 1 – Mecânica - GREF - Edusp 4ª Edição - Pág. 29 ao 97
- 3 – Calor y Temperatura - em Ideas científicas en la infancia y la adolescencia - Gaalen Erickson e Andrée Tiberghien.
- 4 – Fundamentos de Física 2 - Gravitação, Ondas e Termodinâmica - Temperatura - Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica - David Halliday e Robert resnick - livros técnicos e científicos editora Ltda. - Pág. 163 ao 168 e Pág. 181 ao 191.
- 5 - Física Para o 2º Grau – Termologia e Óptica - Luiz Alberto Guimarães e Marcelo fonte Boa - ed. Harbra, 1998.
- 6 - CD-ROM: Física Animada – Gielton Lima – Tópico: Temperatura e Calor.

No site:

www.adorofisica.com.br

Veja em “Pesquisas” os links para os seguintes tópicos

- Texto do site Feira de Ciências, do prof. Léo, que trata sobre calor, e sensação de frio, o suor e a febre.
- Como os termômetros funcionam (em inglês).
- Introdução à termometria.
- Breve resumo sobre escalas termométricas.
- Simulado envolvendo a termometria.
- Veja mais detalhes sobre termometria e conversões entre escalas.
- Breve história sobre as escalas Fahrenheit e Celsius.
- Termômetro bimetálico.

Eixo Temático:	ÓPTICA, ONDAS E CALOR
Tema:	Ondas
Tópico 18:	Transferência de calor

Objetivos:

- Aplicar os conceitos de calor específico e capacidade térmica em situações experimentais.
- Calcular a quantidade de calor transferida de um corpo para outro.

Providências para a realização da atividade:

Para que esta atividade seja realizada devem-se providenciar os seguintes materiais:

- 1 termômetro de laboratório (-10°C a 110°C)
- 1 becker de 300 ml
- 1 becker de 50 ml
- 1 tripé com tela de amianto
- 1 bico de gás
- 3 cubos: de Alumínio, de Chumbo e de Latão ($2 \times 2 \times 2$) cm
- 1 peça de Alumínio ($2 \times 2 \times 4$) cm
- 1 pinça metálica
- 1 caixa de velas cilíndricas de parafina (diâmetro 1 cm)
- Fósforos
- Estilete ou faca
- 1 balança triplice
- 1 folha de jornal ou de toalha de papel

Termômetro de laboratório: existem vários tipos de termômetros usados em laboratório de ciências, de mercúrio e de álcool. Para esta atividade não importa o tipo do termômetro e sim a sua faixa de temperatura, desde abaixo de 0°C até acima de 100°C .

Os cubos metálicos: as medidas dos cubos metálicos de Alumínio, de Chumbo e de Latão não precisam ser as mesmas da lista anterior, porém devem ter o mesmo volume e devem caber no béquer. A peça de Alumínio deve ser maior que o cubo. O alumínio e o latão são encontrados em lojas especializadas de metais, na forma de barras. Para obter cubos terá que serrar as barras. O cubo de chumbo pode ser construído derramando-o, fundido, em uma forma de argila, por exemplo. O chumbo é encontrado em lojas de pescarias (chumbadas) e é derretido com relativa facilidade colocando-o dentro de uma lata que será levada ao fogo de um fogão. Estes metais também são encontrados em barras cilíndricas e neste caso devem ser serradas da mesma altura. O que importa é que os três metais tenham o mesmo volume.

As velas: serão cortadas com um estilete com 1 cm de altura e serão colocadas sobre os cubos metálicos e, portanto seus diâmetros devem ser menores que a aresta do cubo.

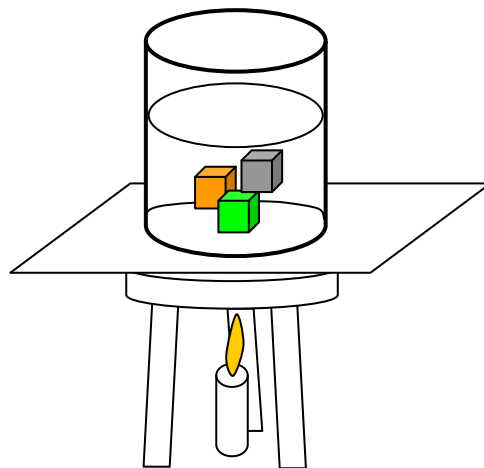
Pré-requisitos:

Para que esta atividade seja realizada os estudantes devem conhecer os conceitos de calor específico e capacidade térmica dos materiais.

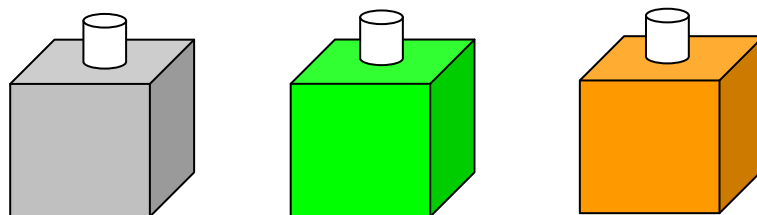
Descrição dos procedimentos:

Parte 1

1. Coloque os três cubos metálicos dentro do béquer de 300 ml e cubra-os com água. Coloque a água para ferver através do bico de gás, do tripé e da tela de amianto.



2. Retire os três cubos da água usando a pinça metálica colocando-os sobre uma folha de jornal e imediatamente coloque cilindros de parafina sobre os mesmos.



Observe o derretimento das parafinas sobre os três cubos.

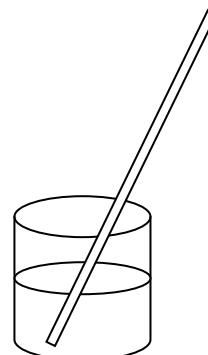
- A) Quando os cubos são retirados da água, estão à mesma temperatura?
- B) Porque os cubos derretem quantidades diferentes de parafinas?
- C) Qual o material do cubo metálico que faz a parafina derreter mais?
- D) Qual a característica térmica interna do material responsável por derreter maior quantidade de parafina, calor específico ou capacidade térmica?

Parte 2

3. Repita o procedimento 1 da Parte 1 colocando os cubos dentro d'água fervente. No béquer de 50 ml coloque água à temperatura ambiente de forma a cobrir cada cubo que será colocado dentro dela. Meça com o termômetro clínico a temperatura inicial da água.

- E) A partir dos resultados da Parte 1 desta atividade faça uma previsão: qual dos três cubos provocará maior elevação de temperatura da água? Justifique sua previsão.

4. Coloque o cubo de alumínio, retirado da água fervente, na água à temperatura ambiente. Observe a elevação da temperatura do termômetro até que esta se estabilize, anotando-a. Faça o mesmo para o cubo de latão,



anotando a temperatura final. Finalmente repita o procedimento para o cubo de chumbo.

- F) Sua previsão foi alcançada? Explique.
- G) Observe a tabela abaixo de calores específicos de alguns materiais e verifique se o resultado obtido no seu experimento é confirmado.

Substância	Calor específico (cal/g°C)
Mercúrio	0,033
Alumínio	0,217
Cobre	0,092
Chumbo	0,030
Prata	0,056
Ferro	0,114
Latão	0,094
Gelo	0,550
Água	1,000
Ar	0,240

- H) Quantas calorias foram transferidas para a água em cada uma das situações anteriores? Qual outra característica deve ser medida para que você possa fazer este cálculo?
1. Coloque os dois pedaços de alumínio (o cubo e o paralelepípedo) dentro do béquer com água fervente. Ao transferir cada um deles para o béquer de 50 ml com água à temperatura ambiente, faça uma previsão de qual será a temperatura final da água em cada caso. Caso o paralelepípedo tenha massa duas vezes maior que a do cubo, você acha que a temperatura final da água do béquer também será o dobro?
 2. Realize agora o experimento para confirmar a sua previsão. Analise as possíveis fontes de erro.
- I) Qual das duas peças possui maior calor específico? E qual possui maior capacidade térmica?

Possíveis dificuldades:

Na parte 1 da atividade o professor poderá realizar o experimento retirando os cubos da água fervente, um de cada vez e observando separadamente o derretimento da parafina. O tempo entre tirar o cubo da água e colocar a parafina sobre ele deve ser igual para os três cubos, caso contrário, comprometerá o resultado. No item 6 da atividade o professor deve lembrar que tanto a água quanto o béquer receberão calor das peças metálicas quentes, o que influenciará na temperatura final da água.

Alerta para riscos:

Deve-se observar alguns cuidados no uso do termômetro de laboratório. Em primeiro lugar o termômetro é de vidro (e também os béqueres) e pode se quebrar facilmente batendo-o ou caindo no chão. Deve-se pensar no custo e na dificuldade de reposição. Pontas de vidro também podem feri-lo. Se ele for de mercúrio deve-se tomar cuidado ainda maior. O mercúrio é

um produto cancerígeno e se o termômetro quebrar evite tocá-lo – se ele entrar no seu organismo, não sairá mais e pode provocar sérios danos a sua saúde. Neste caso o professor deve recolher o mercúrio com um pincel e colocá-lo num vidro fechado.

Você estará trabalhando com fogo e materiais super aquecidos e, portanto os alunos devem ser alertados para terem cuidados para evitar queimaduras. O professor deve estar preparado para quaisquer eventualidades.

Glossário:

Capacidade térmica.

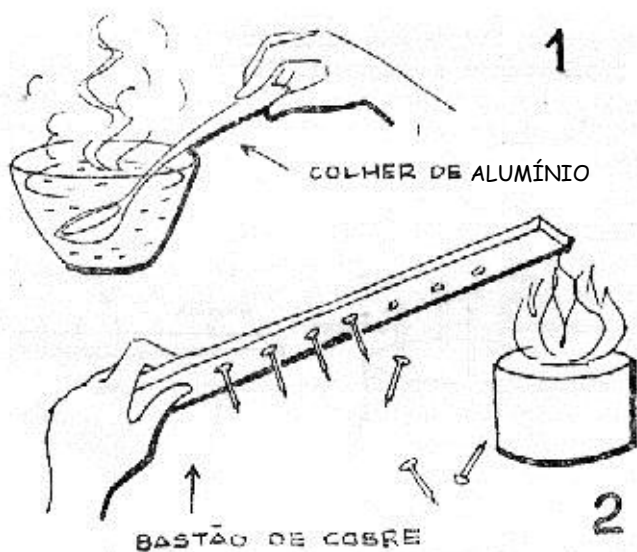
Calor específico.

Roteiro de Atividade: Tópico 18: Transferência de calor
Currículo Básico Comum - Ciências Ensino Médio
Autor: Arjuna C. Panzera
Centro de Referência Virtual do Professor - SEE-MG/2006

Experimentos de Condução Térmica

Objetivo: Ilustrar o processo de propagação do calor através de um condutor térmico.

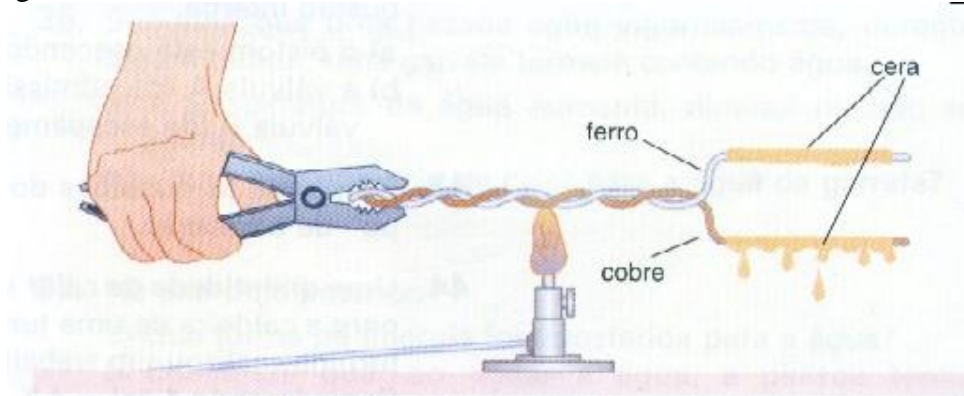
Quando alguém segura uma colher de alumínio, que está dentro de uma xícara com chá muito quente, a colher poderá queimar nossos dedos. Mas quando usa-se a mesma colher para tomar sorvete, ela esfria nossos dedos. O calor se propaga através de um material sólido, pelo processo conhecido como *condução térmica*.



Uma maneira conveniente de perceber a condução é ilustrada pela figura 02. Consiga uma barra de cobre, de uns 30cm de comprimento. Fixe pregos na mesma, com parafina, em pontos distantes um dos outros cerca de 3cm, ao longo do seu comprimento. Segure uma de suas extremidades com uma pinça de madeira ou mesmo um pano. Leve a outra extremidade sobre a chama e note a ordem em que caem os pregos. Observe a velocidade da condução. Materiais distintos possuem diferentes velocidades de propagação do calor?

Objetivo: Verificar que alguns materiais são melhores condutores de calor do que outros.

Toma-se dois arames, de mesmo diâmetro e de metais diferentes: um de cobre e o outro de ferro, por exemplo. Enrola-se uma das extremidades dos fios entre si, conforme mostra a figura a seguir.

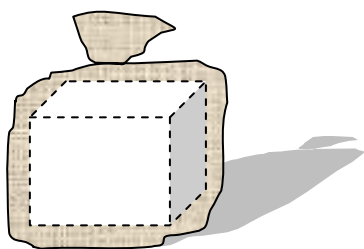


Prende-se pequenos pedaços de cera (ou parafina) ao longo dos ramos livres dos arames de ferro e cobre. Com uma chama, aquecemos a parte enrolada dos dois fios. O calor se transmitirá, por condução, ao longo dos dois arames, provocando a fusão da cera.

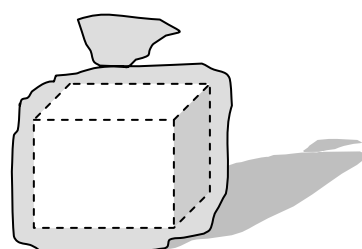
Objetivo: Verificar que alguns materiais são melhores isolante térmicos do que outros.

Pegando-se dois cubos de Gelo e os envolvemos com diferentes materiais, a saber:

a) com um pedaço de lã


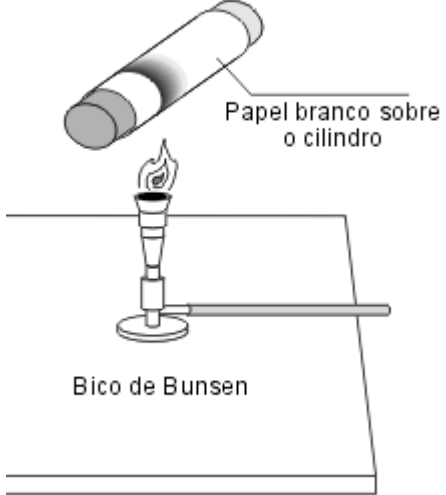


b) com um pedaço de alumínio



Deixando-os ao meio ambiente, qual dos dois cubos você acredita que dura mais tempo no estado sólido? Faça a experiência e verifique se acertou.


Objetivo: Verificar que alguns materiais são condutores e outros isolante térmicos.

<p>Pegamos um cilindro de Cobre e outro de madeira formando um só cilindro.</p>	 <p>Madeira Cobre Cilindro de cobre e madeira</p>
<p>Em seguida enrolamos o cilindro com o papel e aproximamos o conjunto sobre a chama de um bico de Bunsen. Após um certo tempo o papel que está sobre a parte de madeira se queima mas o que está sobre a parte de cobre não.</p>	 <p>Papel branco sobre o cilindro Bico de Bunsen</p>

Objetivo: verificar que corpos de diferentes materiais a uma mesma temperatura, possuem sensações táteis distintas.

Toque, com sua mão, um pedaço de isopor e um objeto metálico, ambos situados em um mesmo ambiente. Observe que, ao seu tato, o isopor parece estar mais quente do que o metal.
a) Você julga que esses objetos estejam, realmente, em temperaturas diferentes?
b) Explique por que o metal lhe parece mais frio ao tato.

Objetivo: Verificar que alguns materiais são maus condutores de calor, ou seja isolantes térmicos.

<p>Segure um tubo de ensaio cheio de água fria, pela parte do fundo. Aqueça a parte superior do tubo em uma chama até que a água comece a ferver. O fato de que você ainda pode segurar o fundo do tubo mostra que o vidro e a água são maus condutores de calor, e que a convecção não move a água para baixo. Isso é ainda mais impressionante se você calça cubos de gelo no fundo do tubo usando um chumaço de palha de aço por cima do gelo; a água na parte superior, então pode ser levada à fervura sem que o gelo derreta. Experimente e comprove.</p>	 <p>Água Fervendo Palha de aço Gelo</p>
---	--

Experimentos de Convecção Térmica

Objetivo: Ilustrar um fenômeno associado as correntes de convecção.

Acenda uma vela e verifique que a chama adquire uma forma cônica. Tente mudar a direção da chama da vela variando a posição da vela.

Esta forma característica deve-se às correntes de convecção para transportar para o topo da vela os produtos mais quentes (menos densos) da combustão (dióxido de carbono, fuligem e vapor de água), formados na base da vela e, ao mesmo tempo, para precipitar os elementos mais frios (mais densos), como o oxigênio, para a sua base.



Objetivo: Ilustrar um fenômeno associado as correntes de convecção.

A cascata de fumaça

Material: 1 garrafa PET de 2 litros, transparente e dotada de um furo com diâmetro aproximado de 10 mm (que pode ser feito usando-se um prego aquecido ou um ferro de soldar) e situado a 4 dedos do fundo da garrafa; folha de papel sulfite e fósforo.

Procedimentos: Cortar uma tira de papel sulfite de 20 x 10 cm. Com ela fazer um tubo com comprimento 20 cm e colocá-lo no orifício da garrafa, de modo que fiquem 5 cm dentro da garrafa; colocar fogo na extremidade exterior desse tubo de papel.

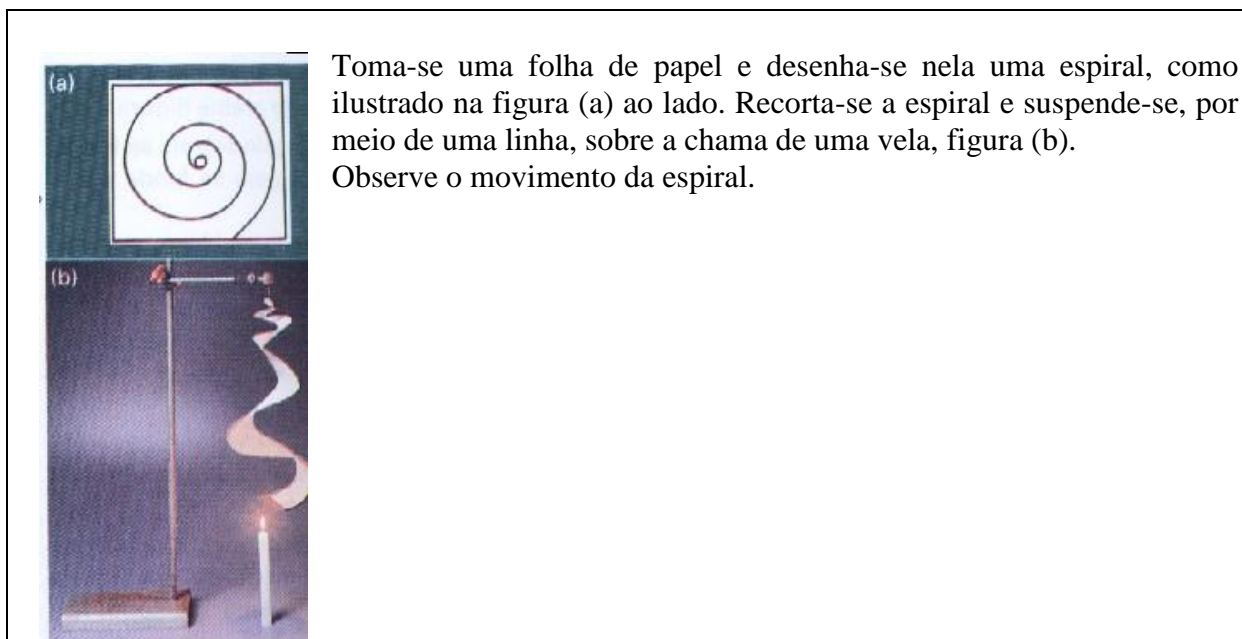


Enquanto o papel queima, observa-se que:

1. no exterior da garrafa, a chama e a fumaça sobem
2. no seu interior, uma fumaça branca desce, formando uma “cascata de fumaça”.

Os conceitos que fundamentam a convecção, ajudam a entender o fenômeno da cascata. A fumaça branca é constituída de partículas resultantes da combustão incompleta do papel. Delas fazem parte, inclusive, vapor d’água que se condensou durante a troca de calor com o canudo de papel. A fumaça branca, até atingir o lado interno da garrafa, troca de calor com o papel e diminui sua temperatura. Isto provoca um aumento em sua densidade (ela fica mais “pesada”). Sob ação do campo gravitacional, a fumaça mais densa acumula-se na parte inferior da garrafa.

Objetivo: Ilustrar a presença das correntes de convecção criadas pela chama de uma vela.



Toma-se uma folha de papel e desenha-se nela uma espiral, como ilustrado na figura (a) ao lado. Recorta-se a espiral e suspende-se, por meio de uma linha, sobre a chama de uma vela, figura (b). Observe o movimento da espiral.

Objetivo: Ilustrar um fenômeno associado as correntes de convecção.

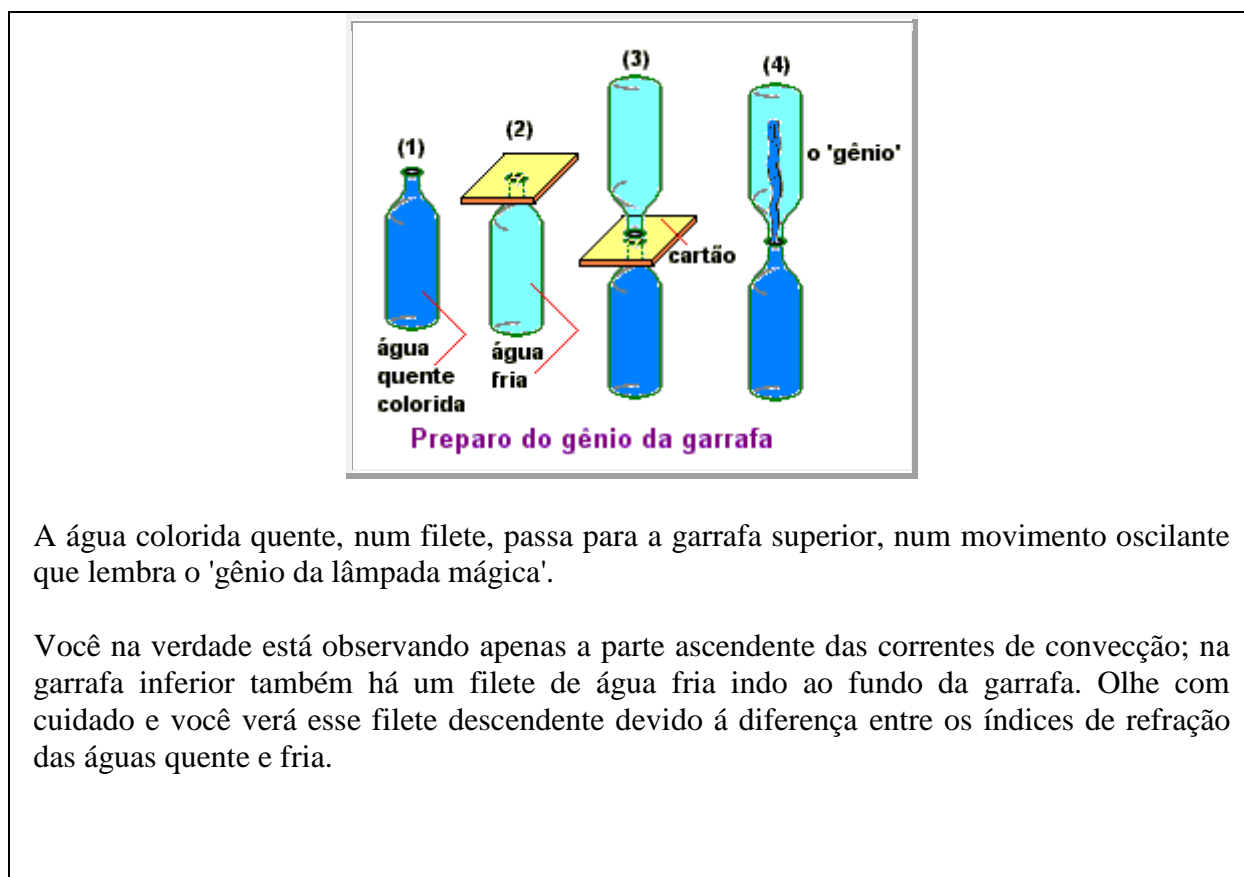
O gênio da garrafa

Em uma garrafa de vidro transparente coloque um pouco de tinta de escrever e acrescente água fervente (1). Aguarde a saída de bolhas de ar e acrescente mais água quente, até preencher totalmente a garrafa.

Em outra garrafa igual à anterior coloque água fria ou gelada até total preenchimento (2).

Coloque uma carta de baralho (ou outro cartão liso) sobre a boca da garrafa que contém água fria e inverta sobre a garrafa com água quente colorida (3).

Ainda com o cartão na boca da garrafa, ajuste bem uma sobre a outra (3). Retire a carta puxando-a lateralmente, permitindo, com isso o contato entre as duas águas (4). Você poderá fazer isso usando de duas garrafas PETs de 2 litros e suas tampas apropriadas. Cole as tampas 'costa a costa' e depois da secagem faça um furo de diâmetro 0,5 cm no centro das tampas. Encha a garrafa de baixo com água quente; a outra com água fria. Vire e enrosque rapidamente a fria sobre a quente.



A água colorida quente, num filete, passa para a garrafa superior, num movimento oscilante que lembra o 'gênio da lâmpada mágica'.

Você na verdade está observando apenas a parte ascendente das correntes de convecção; na garrafa inferior também há um filete de água fria indo ao fundo da garrafa. Olhe com cuidado e você verá esse filete descendente devido à diferença entre os índices de refração das águas quente e fria.

Lista de Sites relacionados

http://www4.fc.unesp.br/experimentosdefisica/fte_list.htm

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/index8.asp>

<http://www.fisica.ufmg.br/~demo/>

<http://br.geocities.com/saladefisica10/>

<http://www.cdcc.sc.usp.br/roteiros/itensex.htm>

Leituras complementares

09
Transportando
o calor.

Utensílios.
Materiais de Construções.
Roupos.
Isolantes ou Condutores?



Por quê os cabos de panelas normalmente não são feitos de metal?



Por quê sentimos um piso de ladrilho mais frio do que um de madeira, apesar de ambos estarem à temperatura ambiente?



Um cobertor de lã é "quente"? Ele produz calor?

09

Transportando o calor: de isolantes a condutores.

Tabela 9.1

MATERIAL	COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA (em W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
água	$0,6 \times 10^{-2}$
ar	$0,025 \times 10^{-2}$
alú	$11,68 \times 10^{-2}$
alumínio	$49,05 \times 10^{-2}$
alumínio	$0,22 \times 10^{-2}$
alumina	$0,17 \times 10^{-2}$
chumbo	$8,3 \times 10^{-2}$
cobre	$3,85 \times 10^{-2}$
concreto	$0,2 \times 10^{-2}$
concreto	$0,34 \times 10^{-2}$
ferro	$14,6 \times 10^{-2}$
fibra e vidro	$0,0075 \times 10^{-2}$
gelo (a 0°C)	$0,22 \times 10^{-2}$
látex	$26,6 \times 10^{-2}$
madeira	$0,2 \times 10^{-2}$
mercúrio	$1,07 \times 10^{-2}$
óleo	$0,14 \times 10^{-2}$
vidro	$0,25 \times 10^{-2}$
poliestireno	$0,0001 \times 10^{-2}$

Os cabos de panelas são de madeira ou de material plástico (baquelite) porque quando a panela está quente, eles sempre se encontram à uma temperatura bem menor, o que nos permite retirar a panela do fogo segurando-a pelo cabo.

Ao tocarmos um piso de madeira, temos a sensação de que este é mais quente que o piso de ladrilho. O pé e o ladrilho trocam calor muito mais rapidamente do que o pé e a madeira. A madeira é um mau condutor de calor. Os maus condutores de calor são chamados de **isolantes térmicos**.



Encontrar o material adequado para um uso específico, pode ser uma tarefa simples como escolher um piso frio para uma casa de praia, ou tão complexa como definir a matéria prima das peças de motores de carros.

É importante na escolha de materiais levarmos em conta o seu comportamento em relação a condução térmica. Para compararmos esses materiais segundo essa característica, definimos uma propriedade: o coeficiente de condutividade que indica quantas calorias de energia térmica são transferidas por segundo, através de 1 cm do material, quando a diferença de temperatura entre as extremidades é de 1 °C.

A tabela 9.1 nos permite comparar a condutividade de alguns materiais sólidos. Traz também o coeficiente de um líquido (a água) e de um gás (o ar) com os quais trocamos calor constantemente.

Sendo o coeficiente de condutividade do ar muito baixo, como mostra a tabela, podemos afirmar que o calor quase não se propaga através do ar por condução. Quando

sentimos calor ao colocarmos a mão abaixo de uma panela quente, a propagação não poderia ter ocorrido por convecção pois o ar quente sobe, nem por condução pois ela é muito pequena, tendo sido portanto irradiado.

A tabela 9.1 nos mostra também que os metais e as ligas metálicas são bons condutores de calor.

Ser um bom condutor de calor, entre outras propriedades faz com que o aço, o ferro e o alumínio sejam a matéria prima das peças de motores de carros. Nesses motores a combustão, o calor interno devido a explosão do combustível é muito intenso e deve ser rapidamente transferido para o meio ambiente, evitando que as peças se dilatam e até mesmo se fundam.

MAS, AFINAL COMO É QUE ACONTECE A CONDUÇÃO DE CALOR NOS DIVERSOS MATERIAIS? EXISTE UMA DIFERENÇA ENTRE A CONSTITUIÇÃO DO ALUMÍNIO À TEMPERATURA AMBIENTE OU DO ALUMÍNIO AQUECIDO?

Não podemos ver como as substâncias são constituídas, nem mesmo com microscópios potentes, mas podemos imaginar como elas são fazendo um "modelo" baseado em resultados experimentais.

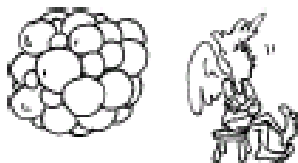
Como são constituídos os materiais?

Um modelo proposto pela comunidade científica, é o que supõe que todas as substâncias são formadas por pequenas porções iguais chamadas moléculas. As moléculas diferem umas das outras pois podem ser constituídas por um ou mais átomos iguais ou diferentes entre si.

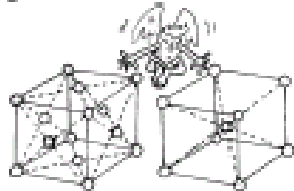


Fontes e traços de calor

Cada substância é formada por um tipo de molécula diferente que a caracteriza. No caso do alumínio que está no estado sólido, os átomos estão próximos uns dos outros e interagem entre si. Esses átomos não mudam de posição facilmente e por isso os sólidos mantêm a forma e o volume.



Os átomos do alumínio como as moléculas dos outros sólidos nesse modelo estão organizados formando uma estrutura regular chamada de rede cristalina.



Neste modelo de matéria imaginamos que as moléculas não ficam paradas e sim que elas oscilam. Essa oscilação é mais ou menos intensa dependendo da temperatura do material.

Os átomos do alumínio de uma panela aquecida vibram mais do que se estivessem à temperatura ambiente. Os átomos que estão em contato com a chama do fogão adquirem energia cinética extra e vibrando mais intensamente, interagem com os átomos vizinhos que, sucessivamente interagem com outros, propagando o calor por toda extensão da panela. É dessa forma que o nosso modelo explica a propagação do calor por condução.



Em materiais onde as moléculas interagem menos umas com as outras a condução do calor é menos eficiente. É o caso do amianto, da fibra de vidro, da madeira. Veja que isso está de acordo com os valores dos coeficientes de condutividade da tabela 9.1.

Assim como os sólidos, os líquidos e os gases também são formados por moléculas; porém, essas moléculas não formam redes cristalinas. Isso faz com que a propagação do calor nos líquidos e nos gases quase não ocorra por condução.

Num líquido, as moléculas se movimentam mais livremente, restritas a um volume definido e a sua forma varia com a do recipiente que o contém. Nesse caso, o calor se propaga, predominantemente, através do movimento de moléculas que sobem quando aquecidas e descem quando resfriadas, no processo de convecção.

Nos gases, as moléculas se movimentam ainda mais livremente que nos líquidos, ocupando todo o espaço disponível; não tem forma nem volume definidos. A convecção também é o processo pelo qual o calor se propaga, predominantemente, nos gases.

Escolhendo os materiais.

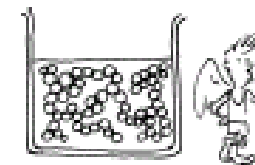
Dependendo das condições climáticas de um lugar, somos levados a escolher um tipo de roupa, de moradia e até da alimentação.

Roupa "quente" ou "fria"? Mas, é a roupa que é quente? Uma roupa pode ser fria?

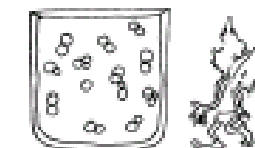
O frio que sentimos no inverno é devido às perdas de calor do nosso corpo para o meio ambiente que está a uma temperatura inferior.

A roupa de lã não produz calor, mas isola termicamente o nosso corpo, pois mantém entre suas fibras uma camada de ar. A lã que tem baixo coeficiente de condutividade térmica diminui o processo de troca de calor entre nós e o ambiente. Esse processo deve ser facilitado no verão como o uso de roupas leves em ambiente refrigerados.

Nos sólidos a irradiação do calor ocorre simultaneamente à condução.



Líquido



Gás

Nos líquidos e nos gases a condução e irradiação de calor também ocorrem simultaneamente à convecção.

Em lugares onde o inverno é rigoroso, as paredes são recheadas de material isolante e os encanamentos de água são revestidos de amianto para evitar perdas de calor por condução e convecção.

Como trocamos calor com o ambiente?

Apesar de perdermos calor constantemente, o nosso organismo se mantém a uma temperatura por volta de $36,5^{\circ}\text{C}$ devido à combustão dos alimentos que ingerimos.

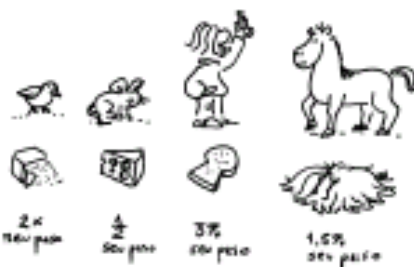
Quanto calor nós perdemos? Como perdemos calor?

Os esportistas sabem que perdemos mais calor, ou seja, gastamos mais energia quando nos exercitamos.

Um dado comparativo interessante é que quando dormimos perdemos tanto calor quanto o irradiado por uma lâmpada de 100 watts; só para repor esta energia, consumimos diariamente cerca de 1/40 do nosso peso de alimentos.

Você já observou que as passaralhas e os roedores estão sempre comendo?

Para estar em constante movimento, esses animais pequenos necessitam proporcionalmente de mais alimentos que um homem, se levarmos em conta o seu peso.



É através da superfície que um corpo perde calor.

Um animal pequeno tem maior superfície que um de grande porte proporcionalmente ao seu peso e é por isso que têm necessidade de comer mais.

Não é só a quantidade de alimentos que importa mas sua qualidade. Alguns, alimentos como o chocolate, por exemplo, por serem mais energéticos, são mais adequados para serem consumidos no inverno quando perdemos calor mais facilmente.

Trocando calor...

9.1 - Cenas de filmes mostram habitantes de regiões áridas atravessando desertos usando roupas compridas de lã e turbantes. Como você explica o uso de roupas "quentes" nestes lugares onde as temperaturas atingem 50°C ?

RESOLUÇÃO:

Em lugares onde a temperatura é maior do que a do corpo humano (36°C) é necessário impedir o fluxo de calor do ambiente para a pele do indivíduo. A lã, que é um bom isolante térmico, retém entre suas fibras uma camada de ar a 36°C e dificulta a troca de calor com o ambiente.

Além disso, ao anoitecer a temperatura no deserto cai rapidamente, sendo que a roupa de lã protege os viajantes impedindo o fluxo de calor do corpo para o exterior.

9.2 - Asas delta e para-gleiders, conseguem atingir locais mais altos do que o ponto do salto, apesar de não terem motores. O mesmo ocorre com planadores que após serem soltos dos aviões rebocadores, podem subir. Como você explica esse fato?

RESOLUÇÃO:

As pessoas experientes que saltam de asas delta ou para-gleiders conseguem "aproveitar" as

correntes ascendentes de ar quente para subirem e planar em pontos mais elevados do que o do salto. Para descer procuram as correntes de ar frio, descendo lentamente.

Em todos esses vãos o ângulo de entrada na corrente de convecção do ar, o "ângulo de ataque" determina a suavidade da subida ou pouso, e até mesmo a segurança do tripulante, no caso de mudanças dinâmicas bruscas, (ventos fortes, chuvas, etc.).

9.3- As geladeiras e fornos normalmente têm sua estrutura (caixa) de chapas metálicas que são bons condutores de calor. Como elas conseguem "reter" o calor fora da geladeira ou no interior do forno?

RESOLUÇÃO:

Tanto as caixas das geladeiras como a dos fornos são fabricadas com duas paredes recheadas com um material isolante.

Os isolamentos térmicos mais eficientes são a lã de vidro e a espuma de poliuretano. Eles evitam que o calor seja conduzido do ambiente para o interior da geladeira. No caso dos fornos, eles impedem as perdas de calor por condução do interior do forno para fora.

9.4- No livro "No país das sombras longas", Aslak, uma personagem esquimó, ao entrar pela primeira vez numa cabana feita de troncos de árvores num posto de comércio do Homem Branco comenta: "Alguma coisa está errada, em relação ao Homem Branco. Por que ele não sabe, que um iglú pequeno é mais rápido de ser construído e mais fácil de se manter aquecido do que uma casa enorme?". Discuta esse comentário fazendo um paralelo entre os tipos diferentes de habitações. (Obs: Compare os coeficientes de condutividade da madeira, do gelo e do concreto).