

01. Calor: presença universal.

02. Esquentando os motores e preparando a rota.

03. Medidas de temperatura.

04. Controle de temperatura.

05. Calculando a dilatação.

06. Sol: a fonte da vida.

07. O Sol e os combustíveis.

08. Calor e conforto.

09. Transportando o calor.

10. Cercando o calor.

11. Aquecimento e clima.

12. Aquecimento e técnica.

13. Calculando a energia térmica.

leituras de
física
GREF

FÍSICA TÉRMICA
para ler, fazer e pensar

1 a 23

Vol. 2
parte A

14. Terra: planeta água.

15. Os materiais e as técnicas.

16. Mudanças sob pressão.

17. O mais frio dos frios.

18. Transformações gasosas.

19. A todo vapor

20. Cavalos de aço

21. O gelo ao alcance de todos

22. Potência e perdas térmicas

23. Calor: presença universal: a retomada

Leituras complementares

C1. Medida e controle de temperatura

C2. Fontes e trocas de calor

C3. Transformações térmicas.

C4. Calor e produção

Leituras de Física é uma publicação do

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física da USP

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DAS LEITURAS DE FÍSICA

Anna Cecília Copelli
Carlos Toscano
Dorival Rodrigues Teixeira
Isilda Sampaio Silva
Jairo Alves Pereira
João Martins
Luís Carlos de Menezes (coordenador)
Luís Paulo de Carvalho Piassi
Suely Baldin Pelaes
Wilton da Silva Dias
Yassuko Hosoume (coordenadora)

ILUSTRAÇÕES:

Fernando Chuí de Menezes
Mário Antonio Kanno

COLABORADOR ACADÊMICO:

Marcelo de Carvalho Bonetti

ELABORADORES PARTICIPANTES DE ETAPAS ANTERIORES:

Cassio Costa Laranjeiras
Cintia Cristina Paganini
Marco Antonio Corrêa
Rebeca Villas Boas Cardoso de Oliveira

APLICADORES: Centenas de professores do ensino público, com seus alunos, fizeram uso de versões anteriores de diferentes partes desta publicação, tendo contribuído para sua avaliação e aperfeiçoamento, que deve prosseguir na presente utilização.

Financiamento e apoio:

Convênio USP/MEC-FNDE
Subprograma de educação para as Ciências (CAPES-MEC)
FAPESP / MEC - Programa Pró-Ciência
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo - CENP



A reprodução deste material é permitida, desde que observadas as seguintes condições:

1. Esta página deve estar presente em todas as cópias impressas ou eletrônicas.
2. Nenhuma alteração, exclusão ou acréscimo de qualquer espécie podem ser efetuados no material.
3. As cópias impressas ou eletrônicas não podem ser utilizadas com fins comerciais de nenhuma espécie.

fevereiro de 2006

Apresentação

O GREF, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, reuniu por vários anos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo alguns docentes universitários e vários professores da rede estadual paulista de ensino público. Essa equipe, dedicada ao aperfeiçoamento em serviço de professores de física, apresentou em três livros¹ sua proposta de ensino. Em seguida, concebeu estas Leituras de Física para alunos, que têm sido continuamente aperfeiçoadas a partir de sugestões decorrentes de sua aplicação escolar.

A concepção de educação dialógica de Paulo Freire, na discussão de temas da vida real, está entre as que inspiraram o trabalho do GREF, resultando em critérios incorporados às Leituras, mas que podem ser explicitados para os professores que as utilizem:

- Processos e equipamentos, do cotidiano de alunos e professores, interligam a realidade vivida e os conteúdos científicos escolares, o que facilita o desenvolvimento de habilidades práticas nos alunos, associadas a uma compreensão universal da física.
- Os alunos são interlocutores essenciais, desde o primeiro dia, participando do levantamento temático de conceitos, equipamentos e processos relacionados ao assunto tratado, como Mecânica, Termodinâmica, Óptica ou Eletromagnetismo.
- A linguagem e o formato das Leituras procuram facilitar seu uso e cadenciar o aprendizado. Uma primeira página apresenta o assunto, duas páginas centrais problematizam e desenvolvem os conteúdos científicos e uma quarta página sugere atividades, exercícios e desafios.
- O número de Leituras leva em conta a quantidade de aulas usualmente reservadas à física, para poupar o professor da necessidade de promover cortes substanciais nos conteúdos gerais e específicos tratados.

O trabalho desenvolvido pelo GREF, que também teve eco nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino de Ciências e Matemática, dá margem aos professores de ciências em geral a tratar as suas disciplinas de forma articulada com o aprendizado da física. As Leituras de Física do GREF para alunos têm sido utilizadas há vários anos na forma de apostilas, em nossa rede estadual e em nível nacional, numa grande variedade de escolas públicas de ensino médio regular e de ensino técnico. Professores e alunos têm feito uso de cópias obtidas diretamente pela internet², e espera-se que isso continue acontecendo, sem finalidade lucrativa.

Os que conceberam estas Leituras se alegram com a presente edição, pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, que fará chegar o resultado de seu trabalho a um número maior de alunos, na forma de três livros.

Bom trabalho!

Coordenadores e elaboradores do GREF/IFUSP

¹ Mecânica (Vol. 1); Física Térmica e Óptica (Vol. 2) e Eletromagnetismo (Vol. 3), publicados pela EDUSP, Editora da Universidade de São Paulo.

² www.if.usp.br/gref

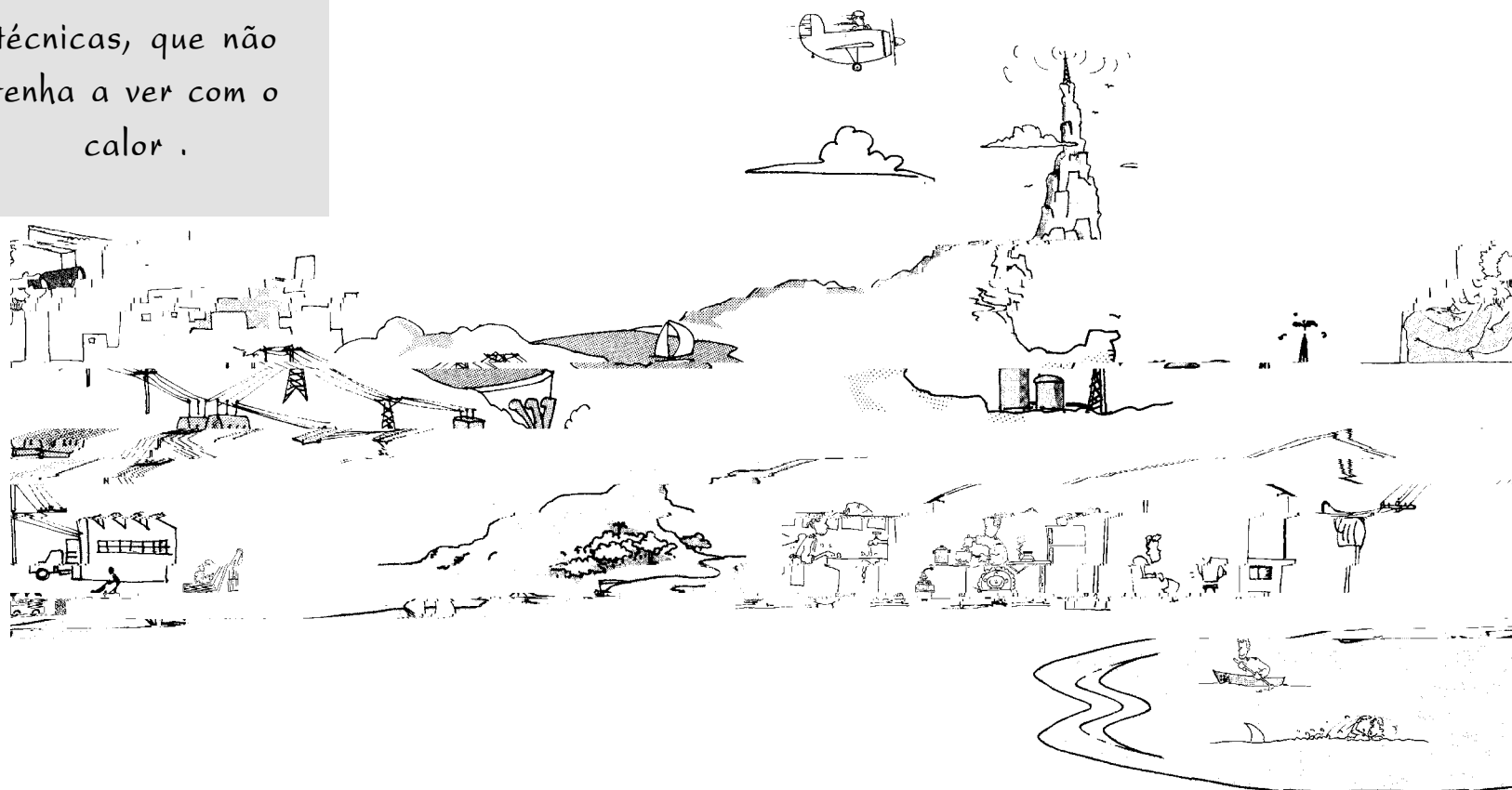
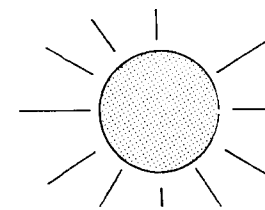
1

Calor:
presença universal

Não há nada, na natureza ou nas técnicas, que não tenha a ver com o calor .

Se alguma coisa dá a impressão de não ter nada a ver com a idéia de calor...

é só impressão!



Calor, presença universal

Quando tentamos pensar em alguma coisa que "não tem nada a ver com o calor", é natural, por oposição, pensar em algo frio. Na realidade, quando se diz que um objeto está frio, é porque está menos quente que o ambiente à sua volta, ou porque está menos quente do que a mão que tateia o objeto.

Como veremos, a percepção de que alguma coisa "é fria" está associada a ela estar tomando calor do ambiente ou da mão que a toca. Da mesma forma, diz-se que alguma coisa está quente quando está cedendo calor à mão que a toca ou ao ambiente.

Geladeiras ou regiões geladas do planeta têm tanto a ver com o calor quanto fornos ou desertos:

A GELADEIRA, POR EXEMPLO, É UM APARELHO DE BOMBEAR CALOR. VOCÊ PODE VERIFICAR COMO É QUENTE A "GRADE PRETA" ATRÁS DELA. TRATA-SE DO RADIADOR QUE EXPULSA O CALOR TIRADO DO INTERIOR DA GELADEIRA, OU SEJA, DOS OBJETOS QUE REFRIGERA;

PARA SOBREVIVER NO PÓLO NORTE, OS ESQUIMÓS PRECISAM DO ISOLAMENTO TÉRMICO DAS ROUPAS DE PELE DE ANIMAIS E PRECISAM COMER ALIMENTOS COM ALTO TEOR CALÓRICO. ALÉM DISSO, PARA ENTENDER POR QUE OS PÓLOS SÃO TÃO FRIOS, É PRECISO SABER QUE OS RAIOS DE LUZ E DE CALOR VINDOS DO SOL SÓ CHEGAM LÁ MUITO INCLINADOS, E MESMO ASSIM SÓ DURANTE METADE DO ANO...

Todas as coisas recebem e cedem calor o tempo todo. Quando esta troca é equilibrada, diz-se que elas estão em equilíbrio térmico. Quando cedem mais do que recebem, ou vice-versa, é porque estão mais quentes ou mais frias que seu ambiente

Portanto...

tudo tem a ver

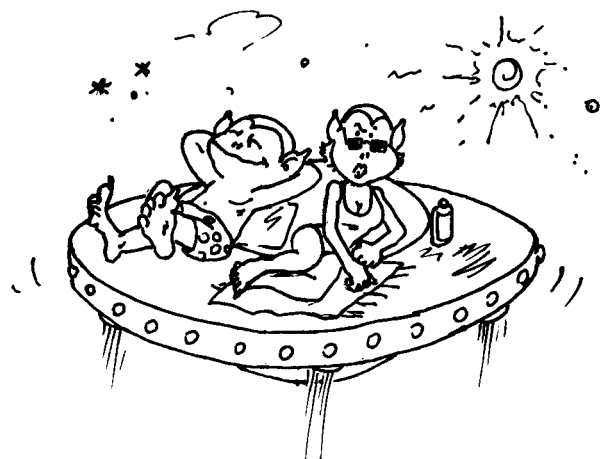
com o calor...

mesmo que não pareça!

Por falar em Sol, quando a gente olha para o céu, numa noite de inverno, vendo aquelas estrelinhas que parecem minúsculos cristais, perdidos na noite fria...



...pode achar difícil acreditar que cada estrelinha daquela seja um quentíssimo "sol", cuja luz viajou milhões de anos para chegar até nós. Se houver planetas em torno delas, quem sabe se não haverá vida em seu sistema solar...



SERÁ PRECISO FERVER O MOTOR PARA LEMBRARMOS QUE O AUTOMÓVEL É "MOVIDO A CALOR", POIS O QUE O EMPURRA É UM MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA?

DA MESMA FORMA, SERÁ PRECISO FICARMOS COM FEBRE PARA LEMBRAR QUE TAMBÉM SOMOS SISTEMAS TÉRMICOS E QUE "NOSSO MOTOR" TAMBÉM USA COMBUSTÍVEL?



Além de todas as coisas estarem constantemente trocando calor entre si e com seu meio, grande parte dos objetos necessita de processos térmicos na sua produção.

Não só bolos e biscoitos são produzidos em fornos, mas todos os metais, por exemplo, precisam de fornos para ser extraídos de seus minérios, assim como para ser fundidos e depois moldados ou, pelo menos, para ser aquecidos antes de serem laminados,

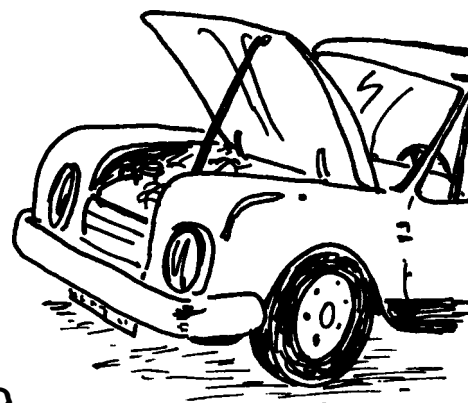
Quando nos lembramos de um combustível, qualquer derivado de petróleo ou o álcool, por exemplo, podemos imediatamente associar essas substâncias com a produção de calor...

...mas nos esquecemos de que essas substâncias necessitaram de calor, nas destilarias, para ser produzidas!

Difícil mesmo é achar alguma coisa que não precise de calor para ser produzida.

Uma fruta,
será que é preciso
calor
para produzi-la?

No motor
do automóvel, será
possível produzir o
movimento do carro,
a partir do
combustível,
mantendo o motor frio?

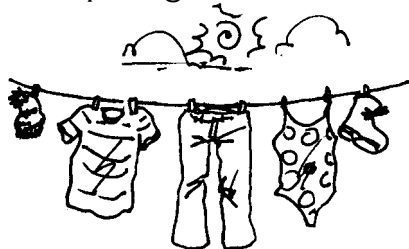


Faça você mesmo...

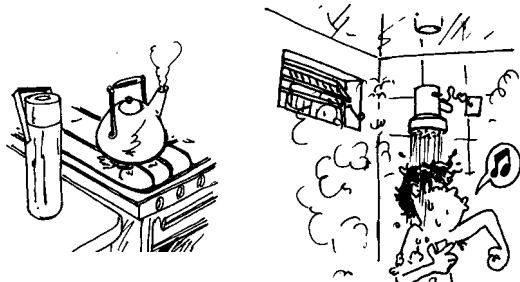
Talvez você ainda não esteja convencido de que o calor esteja presente em tudo no universo. Não há de ser nada, você ainda chega lá...

VOCÊ PODERIA DAR UMA OLHADA À SUA VOLTA E DIZER QUE COISAS, NA SUA OPINIÃO, ESTÃO MAIS DIRETAMENTE RELACIONADAS COM O CALOR? QUAL CARACTERÍSTICA OU QUALIDADE DESSAS COISAS AS ASSOCIA A PROCESSOS TÉRMICOS?

Veja as roupas que você está usando ou tem guardadas. De algodão, de lã ou outros tecidos, seus modelos, com ou sem manga, com ou sem gola, com ou sem forro, com ou sem botões para regular as trocas de calor...



Veja na cozinha que coisas produzem calor, que coisas transmitem calor, que coisas extraem calor, que coisas isolam para não perder calor. Chama, panela, cabo de panela...



Veja no banheiro. Veja na casa ou no edifício.

Veja alguns exemplos que envolvem o calor:

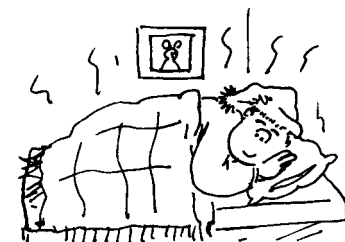
Água

(serve, entre outras coisas, como meio de refrigeração)



Cobertor

(serve como isolante térmico, evitando maiores perdas de calor pelo corpo, em noites frias)



Dilatação

(é provocada por variação de temperatura e, por isso, é base para vários termômetros)



Ebulição

(é o que acontece quando um líquido é aquecido a ponto de virar um gás)



Motor do automóvel

(que transforma calor de queima em trabalho mecânico)

— 2 —

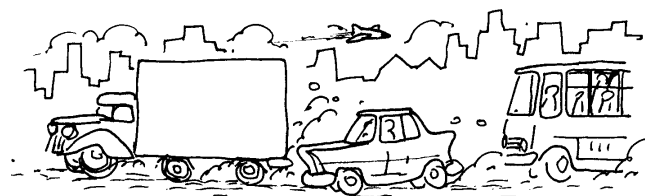
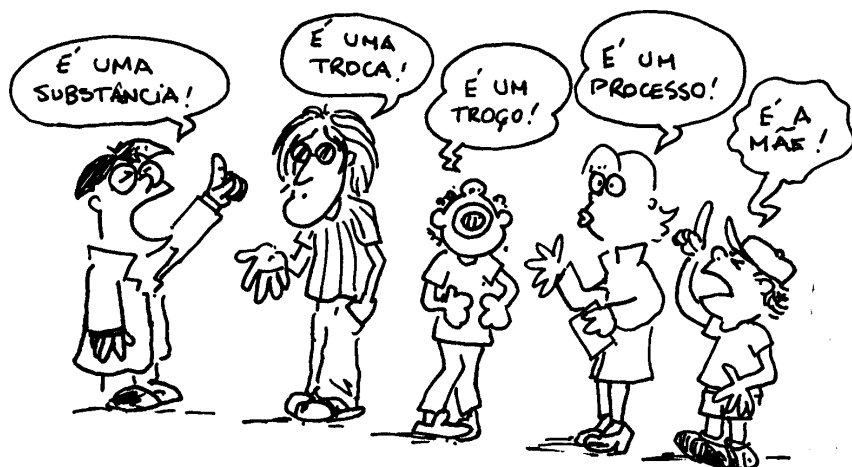
Esquentando os motores
e preparando a rota

Se tudo tem a ver com
calor, por onde
começar?

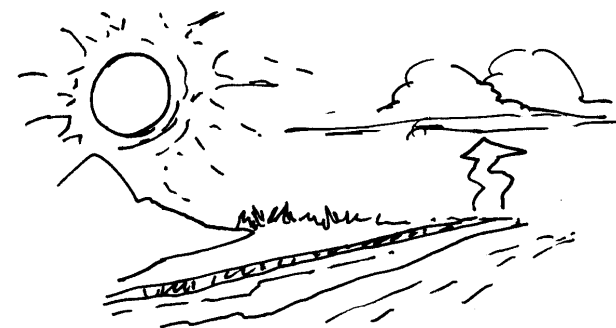
Calor e temperatura são a
mesma coisa? Qual leva a
qual? Qual vem primeiro?



O que é a chama?



O combustível queima e "faz
calor". Mas como é que o calor
faz trabalho?

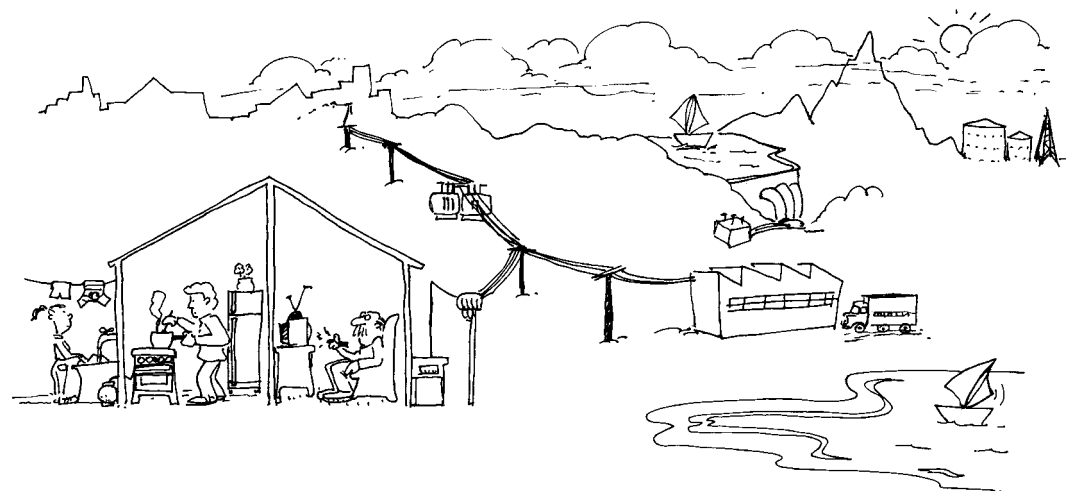


Todo calor é energia? Toda
energia é calor? E o trabalho, o
que é?



Ao fim da leitura anterior, foi feita uma lista de coisas relacionadas com o calor e processos térmicos

É possível agrupar essas coisas de muitas formas diferentes



fogo, grau celsius, secador, forno elétrico, derretimento, geladeira, forno de microondas, caloria, amor, resfriado, gelo, isopor, ferro quente, cobertor, chuva, vapor, sol, chapêu, radiação, queimadura, filtro solar, febre, lua, luz, motor, radiador, metal, madeira, álcool, fogão, gás, chuveiro, vulcão, água, ar, freezer, atrito, borracha, isopor, combustão, garrafa térmica, aquecimento, gêiser, termômetro, convecção, condução, gasolina, carvão, liquidificador, dilatação, ventilador, evaporação, calor, solidificação, lâmpada, bomba atômica, dissolução, vento, condensação, compressão dos gases, ebulição, fredda, fusão, martelada, nuvem, lagos etc.

Serve a ordem alfabética?... gás, geladeira, queimadura... Pensando bem, acho que não!

Há coisas que produzem calor, como os combustíveis, o Sol, uma resistência elétrica. São uma categoria? Como chamá-las?

Roupas podem proteger do frio, isopor impede as trocas de calor, metais facilitam certas trocas. Isolantes/condutores térmicos e trocas térmicas são outra categoria?

Gelo é frio, vapor é quente, mas é tudo água. Como classificar? Quente e frio ou mudança de estado?

Entre as muitas classificações possíveis vamos propor uma que será usada como roteiro para classificar a listagem de termodinâmica

Medida e controle de temperatura

Somos capazes de sentir o calor porque temos receptores na pele que detectam o aumento de energia térmica.

Para medir temperaturas construímos termômetros clínicos ou industriais que se baseiam na propriedade de os materiais dilatarem quando aquecidos.

O controle de temperatura feito pelos termostatos, que ligam e desligam circuitos, também se baseia na dilatação.

Fontes e trocas de calor

Que o Sol é uma fonte de calor ninguém duvida. E os combustíveis? E nós, será que também podemos nos considerar uma fonte de calor? Como o calor do Sol chega até nós?

Sempre que algo puder ceder calor para a vizinhança pode ser considerado uma fonte de calor. Às vezes, entretanto, precisamos impedir as trocas de calor que ocorrem de várias maneiras. O isopor, entre muitos outros, é um material que evita a condução do calor.

Transformações térmicas

Na natureza encontramos água em grande quantidade: no estado líquido, como sólido nas geleiras polares e como gás na atmosfera. O gelo, a água e o vapor de água são estados diferentes de uma mesma substância.

Utilizando tecnologias específicas nós provocamos mudanças de estado nas substâncias sempre que necessário.

Transformações térmicas exercidas nos gases produzem variações de volume e pressão.

Máquinas térmicas

Identificar um motor do carro como uma máquina térmica é habitual. Mas, e uma geladeira? Ela resfria alimentos.

E o organismo humano, pode ser classificado da mesma forma que um motor?

Os princípios em que se baseiam o funcionamento das máquinas térmicas são os mesmos que regem os fenômenos naturais; eles são universais.

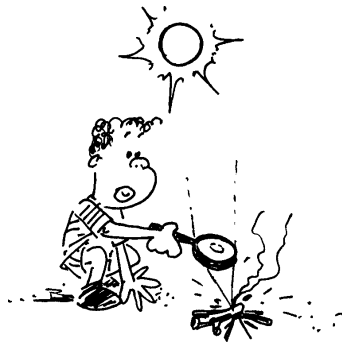
É claro que muitas coisas podem ou não estar presentes em várias categorias. Por exemplo, a água serve para controlar a temperatura no motor a explosão, troca calor com a vizinhança, muda de fase e é a substância usada na turbina a vapor. A madeira, utilizada como isolante e combustível, se encontra na coluna de fontes e trocas de calor.

Medida e controle de temperatura	Fontes e trocas de calor	Transformações térmicas	Máquinas térmicas
forno	Sol	motor	geladeira
termômetro	madeira	água	motor
radiação	convecção	gases	turbina a vapor...
água...	isopor	panela de pressão...	
	água...		

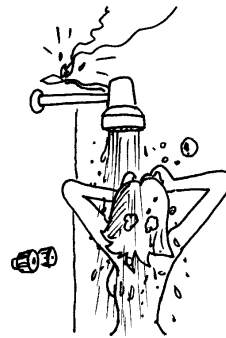
Exercícios

1) Observando as cenas ilustradas a seguir, identifique as **coisas** relacionadas com calor de acordo com a sua interpretação da cena.

Utilizando uma lupa



Um curto-circuito



Empurrando um carro



TODAS ESSAS COISAS "CABEM" NA CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA?

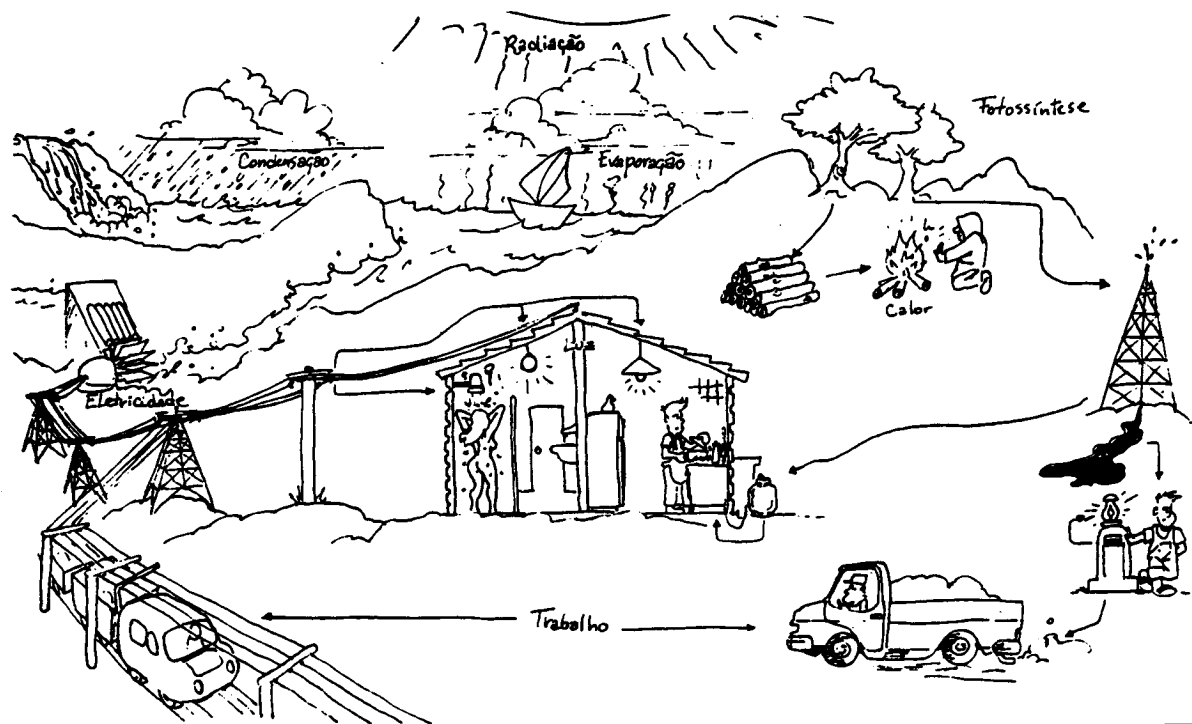
2) Relendo as páginas anteriores, tente classificar as **coisas** da sua lista da leitura 1, da leitura 2, das coisas da sua casa e das coisas vistas pela janela de um ônibus.

	Medidas e controle de temperatura	Fontes e trocas de calor	Transformações térmicas	Máquinas térmicas
da sua lista da leitura 1				
da sua lista da leitura 2				
das coisas da sua casa				
das coisas vistas pela janela de um ônibus				

— 3 —

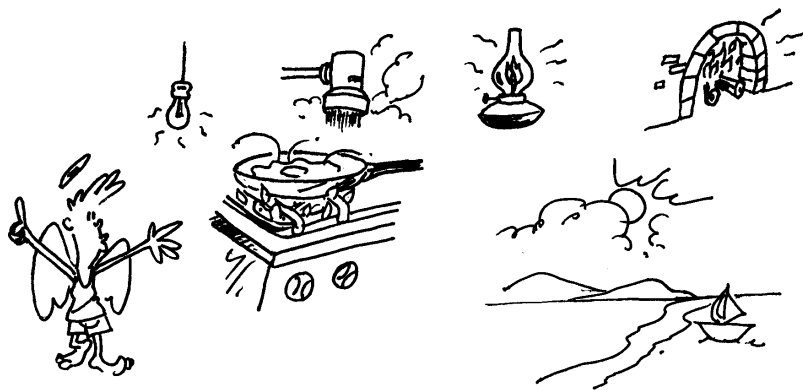
Medidas de temperatura

A nossa pele é um receptor para a radiação térmica tal como o olho é um receptor para a luz.



Tanto entre as coisas naturais como entre as produzidas ou construídas, o assunto é calor.

Como as coisas cedem e recebem calor?



Como avaliar o "quanto" essas coisas são quentes?

"Todas as coisas recebem e cedem calor o tempo todo."

A nossa experiência cotidiana nos mostra que quando há um contato direto entre dois objetos, o mais quente cede calor para o mais frio. É o que chamamos de **condução de calor**.

Mesmo se não estiverem em contato direto, havendo um fluido entre eles, geralmente o ar ou a água, também ocorre a troca pelo movimento das moléculas.

Como na água fervente, o movimento da água aquece a parte superior da panela também. Nesse caso dizemos que por **convecção**.

É QUANDO NÃO HÁ NADA ENTRE OS OBJETOS? VOCÊ JÁ

PENSOU DE QUE MANEIRA A LUZ E O CALOR DO SOL CHEGAM ATÉ NÓS? COMO SENTIMOS O CALOR DO SOL?

COMO NOS PROTEJEMOS DO SEU CALOR TÃO INTENSO?

A luz do Sol atravessa milhares de quilômetros de espaço vazio, sem atmosfera, até chegar ao nosso planeta. Esse processo de propagação é chamado de **radiação**.

Somos capazes de sentir o calor porque temos receptores na nossa pele que são ativados quando detectam o aumento de energia térmica.

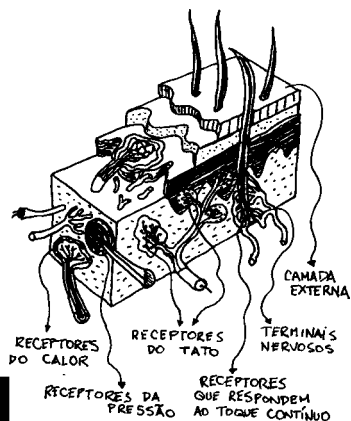
Os receptores são órgãos microscópicos localizados na camada mais interna da pele. São sensíveis ao toque, à pressão, à dor e à temperatura.

Ao receber um estímulo, cada receptor específico produz um impulso e o envia para o cérebro. É o cérebro que nos faz sentir dor, prazer, calor etc.

Quando sentimos desconforto devido ao calor muito intenso, nos abrigamos. Uma árvore, uma parede, um teto bloqueiam a radiação solar.



Corte da nossa pele



Quase todos os bloqueadores da radiação térmica também não deixam passar a luz. Mas é necessário tomar cuidado, pois o vidro se comporta de maneira diferente em relação à luz ou ao calor.



O vidro bloqueia a luz? E a radiação térmica, o calor?

Os filtros solares utilizados hoje para aumentar o tempo de exposição ao sol também são bloqueadores de radiação solar. A nossa pele, que é um **sensor térmico**, necessita dessa proteção.

Às vezes utilizamos o tato para avaliar o quanto um objeto está quente e até mesmo o estado febril de uma pessoa. Entretanto a nossa sensação pode nos surpreender, como pode ser verificado na próxima atividade.

Coloque uma das mãos numa vasilha com água quente e a outra numa vasilha com água fria. Se as duas mãos forem colocadas posteriormente numa terceira vasilha com água morna, essa mesma água provocará uma sensação diferente em cada mão.



A água morna parecerá fria para a mão que estava quente, e quente para a mão que estava fria.

SE OS NOSSOS SENTIDOS "MENTEM", O QUE PODERIA SER USADO PARA SE QUANTIFICAR O "QUENTE" OU O "FRIO"? COMO DETERMINAR A TEMPERATURA DE UM OBJETO?

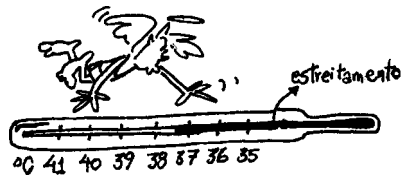
Há propriedades dos materiais que podem ser usadas para estabelecer e medir temperaturas, como a cor da luz emitida pelo filamento aquecido de uma lâmpada ou a dilatação do mercúrio dentro de um tubo de vidro.

Um efeito do aquecimento: dilatação

O piso das calçadas, os trilhos de trem, as vigas de concreto de construções como pontes e edifícios, como tudo o mais se dilatam. Sendo estruturas grandes e expostas ao sol, devem ter vãos para acomodar dilatações, prevendo esse efeito do aquecimento e evitando que provoque rachaduras. Nas calçadas, por exemplo, essas "folgas" costumam ser preenchidas por grama ou tiras de madeira, em pontes são simplesmente fendas livres e em edifícios são fendas livres ou preenchidas por fitas de borracha.

Todos os objetos sólidos, líquidos ou gasosos, quando aquecidos, se dilatam, ou seja, aumentam de volume. Essa propriedade dos materiais pode ser usada para medir temperaturas.

Os termômetros que usamos para verificar a temperatura são construídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno bulbo lacrado preenchido com mercúrio ou álcool. Quando aquecido, o líquido se dilata e seu nível sobe no capilar; quando resfriado, ocorre o contrário. Nos termômetros clínicos, há um estrangulamento no capilar para que o líquido não possa retornar, assim pode-se retirar o termômetro e depois fazer sua leitura, sem alteração, o que facilita o trabalho do médico. Para o líquido voltar é preciso chacoalhar o termômetro.



Tanto o mercúrio como o álcool são líquidos que dilatam mais do que a água, e mesmo com um pequeno aquecimento se dilatam visivelmente mais que o vidro. Por isso são escolhidos para a construção de termômetros.

Se fossem construídos com água, precisaríamos de um grande volume. Imagine a inconveniência de usar um termômetro desses para medir febre! A escala graduada no vidro dos termômetros clínicos mede temperaturas que vão de 35°C a 41°C aproximadamente.

MAS COMO ESSES VALORES SÃO ATRIBUÍDOS À ESCALA?

A escala Celsius

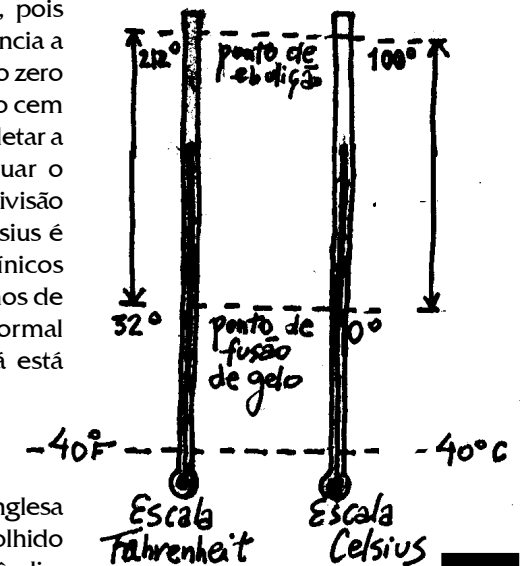
Para conseguir que termômetros diferentes marquem a mesma temperatura nas mesmas condições, é necessário estabelecer um padrão comum para eles; uma escala termométrica. Na escala Celsius são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água.

Essas temperaturas são tomadas como referência, pois durante as mudanças de estado de qualquer substância a temperatura permanece constante. Na escala Celsius o zero é atribuído para a temperatura do gelo fundente, e o cem para a temperatura da água em ebulição. Para completar a definição dessa escala termométrica, é só graduar o intervalo entre 0 e 100, em cem partes iguais, cada divisão correspondendo a 1°C. É por isso que a escala Celsius é uma escala centígrada. Com os termômetros clínicos avaliamos temperaturas com precisão de até décimos de grau. Em média, as pessoas têm sua temperatura normal de aproximadamente 36,5°C, enquanto a 38°C já está certamente febril.

A escala Fahrenheit

Outra escala que ainda é usada em países de língua inglesa é a escala Fahrenheit, em que o zero (0°F) foi escolhido para a temperatura de um certo dia muito frio na Islândia, e o cem (100°F) para a temperatura média corporal de uma pessoa. Nessa escala, a temperatura de fusão do gelo corresponde a 32°F e a temperatura de ebulição da água a 212°F. O intervalo é dividido em 180 partes, cada uma correspondendo a 1°F.

Veja no esquema ao lado a correspondência entre as duas escalas.



Exercícios

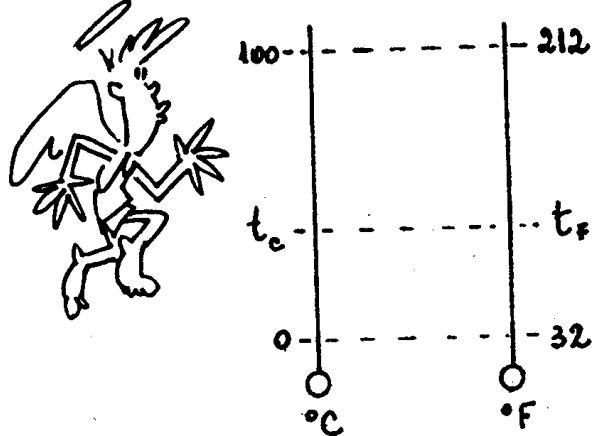
Mudando de escala...

3.1 - Será que a temperatura de 100°F corresponde mesmo à temperatura de 36,5°C, que é o valor considerado normal para a temperatura corporal?

Resolução:

Ao compararmos as duas escalas, Celsius e Fahrenheit, buscamos uma correspondência entre seus valores a partir do comprimento das colunas de líquido das duas escalas.

Para cada temperatura t_c em graus Celsius há uma temperatura correspondente t_f em graus Fahrenheit. Para determiná-las vamos comparar a razão entre dois segmentos nas duas escalas.



A razão entre os segmentos $\frac{t_c - 0}{100 - 0}$ para a escala

Celsius é a mesma que a razão $\frac{t_f - 32}{212 - 32}$ para a escala

Fahrenheit. Portanto: $\frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{t_f - 32}{212 - 32}$

$$\frac{t_c}{100} = \frac{t_f - 32}{180}$$

$$\frac{t_c}{5} = \frac{t_f - 32}{9}$$

Por meio dessa expressão você pode converter qualquer temperatura de uma escala para outra. Convertendo a temperatura de 100°F para a escala Celsius você encontra:

$$\frac{t_c}{5} = \frac{100 - 32}{9}$$

$$t_c \cong 38^\circ \text{C}$$



Como você vê, a pessoa cuja temperatura foi tomada como referência estava um pouco febril naquele dia.

3.2 - A temperatura de 0°F foi tomada como referência em um dia muito frio. Determine essa temperatura em graus Celsius.

3.3 - Você mesmo pode elaborar uma escala termométrica. Para isso, basta escolher um número para a temperatura de fusão do gelo e outro para a temperatura de ebulição da água. Em seguida, você pode relacionar a sua escala com a escala Celsius do mesmo modo como já fizemos.

3.4 - Você encontra para comprar dois termômetros, ao mesmo custo, que contêm a mesma quantidade de mercúrio: um com um tubo longo e fino, e o outro com um tubo curto e de diâmetro maior. Qual deles você preferiria? Explique por que.

3.5 - A esterilização de instrumentos cirúrgicos, que antes era feita em banho de vapor, hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?

4

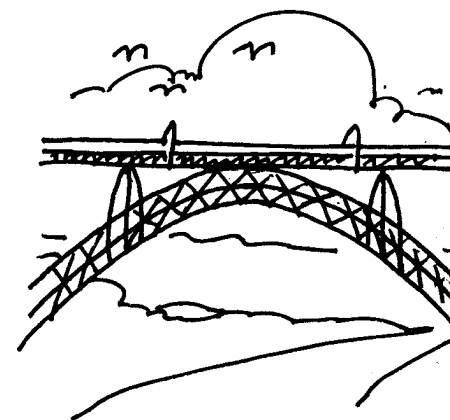
Controle de temperatura

Temperaturas muito altas ou muito baixas requerem dispositivos específicos para seu controle.

À nossa volta encontramos "coisas" que estão a temperaturas bastante altas, como um forno, ou muito baixas, como o interior de um freezer. Para medir e controlar temperaturas tão diferentes utilizamos algumas propriedades dos materiais.



- um material aquecido emite luz colorida ao atingir uma certa temperatura;



- ele dilata de modo típico;



- se for um gás, dilata muito mais.

4 Controle de temperatura

A QUE TEMPERATURA ESTÃO AS COISAS À NOSSA VOLTA? QUAIS DELAS ATINGEM UMA TEMPERATURA MUITO ALTA? É UMA TEMPERATURA MUITO BAIXA?



Será que você sabe? Responda rapidinho, qual é a temperatura:

- Interior do Sol =
- Superfície do Sol =
- Interior de uma Estrela =
- Superfície de uma Estrela =
- Chocolate quente =
- Ar embaixo do cobertor =
- Água gelada =
- Água do banho quente =
- Água da piscina =
- Interior da Terra =
- Superfície da Terra =
- Interior da geladeira =
- Congelador =
- Freezer =
- Gelo seco =
- Nitrogênio líquido =
- Interior do Iglu =
- Cume do Everest =
- Verão na Antártida =
- Noite no deserto do Saara =
- Brasa de uma fogueira =

Um ferro elétrico, por exemplo, pode ser regulado para passar seda, algodão ou linho, funcionando a diferentes temperaturas.

Veja na tabela alguns valores de temperatura de algumas regiões do nosso "universo térmico". Você vai identificar "coisas" presentes no esquema da leitura anterior.

Tabela 4.1

"Coisas" ou situações	Temperatura (°C)
fotosfera solar	5700
fusão do tungstênio	3380
filamento de uma lâmpada	2500
forno metalúrgico	4000
forno doméstico	400
interior da geladeira	5
interior do congelador	-5
interior do freezer	-20
dia bem quente	de 30 para cima
dia bem frio	de 10 para baixo

O filamento de tungstênio da lâmpada incandescente, quando ligada, tem temperatura que varia de cerca de 20°C a 2500°C. Nessa temperatura o filamento emite luz.

Se você aproximar a mão de uma lâmpada incandescente ou de um ferro elétrico, será possível afirmar se eles estão ligados ou não, mesmo estando de olhos fechados, graças aos receptores térmicos da pele.

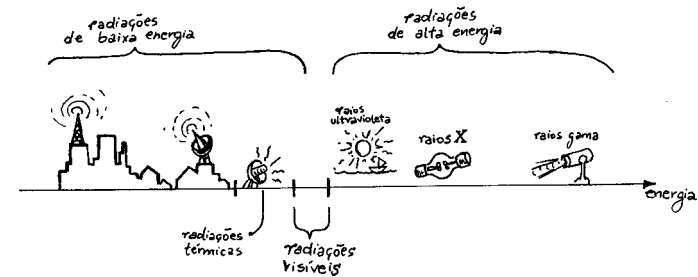
Já olhando a distância, você consegue perceber se uma lâmpada está acesa, mas não consegue perceber se um ferro elétrico está quente ou não.

Entretanto, se você deixar um ferro elétrico ligado na temperatura máxima durante um certo tempo num quarto escuro, será possível "ver" a luz vermelha emitida pelo ferro aquecido. Algo semelhante acontece nas resistências de fornos e aquecedores elétricos.

O tungstênio, o ferro e outros metais, quando aquecidos, emitem energia, que chamamos de **radiação térmica**. Se a intensidade da energia emitida for próxima à da luz visível, conseguimos "ver" a radiação.

A radiação térmica é parte de um conjunto de radiações chamado de **espectro de radiação**.

No diagrama de energia abaixo, mostramos a posição das diversas radiações do espectro.



A região das radiações visíveis engloba desde a cor vermelha próxima às radiações térmicas até a cor violeta, de maior energia.

A luz do Sol emitida pela sua camada exterior, **fotosfera solar**, é a parte visível da radiação solar que chega até nós. A radiação solar contém grande parte do espectro de radiação.

Medidores e dispositivos de controle

Em função da necessidade de conforto ou até mesmo de sobrevivência, utilizamos os diferentes materiais e suas propriedades para controlar a temperatura de aparelhos ou sistemas térmicos.

Se um alimento é cozido em panela com água, sabemos que sua temperatura não ultrapassa 100°C. Se ele estiver numa frigideira com óleo quente, sua temperatura, com certeza, supera 100°C, pois o óleo atinge temperaturas maiores, antes de ferver.

Se você estiver em regiões geladas, sabe que a temperatura é igual ou inferior a 0°C.

Aparelhos como condicionadores de ar ou geladeiras têm temperatura controlada por termostatos a gás, que são dispositivos que ligam e desligam seus motores.

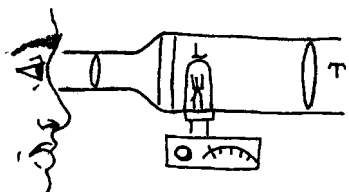
Os ferros de passar roupas ou torradeiras elétricas têm temperatura controlada por outro tipo de termostato - uma lâmina bimetálica que se contrai ou expande, abrindo ou fechando um circuito elétrico.

A tabela 4.1 apresenta coisas que estão a temperaturas muito mais altas ao lado de outras que estão a temperaturas bastante baixas. Que tipo de termômetro pode medir a temperatura do filamento de uma lâmpada ou da fotosfera solar? Essas temperaturas são tão altas que os termômetros comuns não conseguem medir, pois derreteriam. Para medir altas temperaturas são usados **pirômetros ópticos**.

Pirômetro óptico

Quando um pedaço de ferro é aquecido, a partir de uma certa temperatura começa a emitir luz, a princípio vermelha, depois laranja, amarela e finalmente branca.

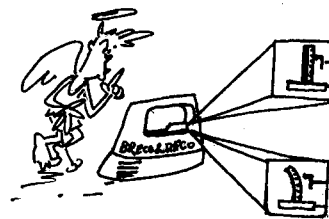
O funcionamento de um pirômetro óptico se baseia nessa propriedade dos materiais. Ele possui uma lâmpada de filamento cujo brilho pode ser aumentado ou diminuído pelo operador do aparelho, que aciona um circuito elétrico. A cor do filamento dessa lâmpada tomada como referência e previamente calibrada é comparada com o interior de um forno ou com outra lâmpada, permitindo assim, a distância, determinar sua temperatura.



Os filamentos das lâmpadas incandescentes, quando emitem luz branca, estão à temperatura aproximada de 2500°C.

Par bimetálico

Para controlar temperaturas da ordem de algumas centenas de graus, como a de fornos domésticos ou ferros elétricos, por exemplo, são usados termostatos em sua construção.



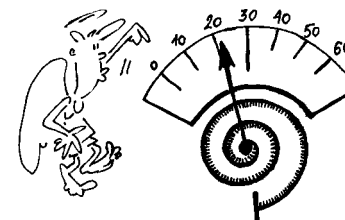
Um tipo de termostato é o construído com lâminas bimetálicas (duas lâminas de metais diferentes firmemente ligadas), que, quando aquecidas ou resfriadas, se dilatam ou se contraem, encurvando-se ou endireitando-se, abrindo ou fechando circuitos elétricos. Isso ocorre porque cada metal tem uma dilatação típica.

Alguns medidores de temperatura usados em carros são constituídos de uma lâmina bimetálica enrolada em forma de espiral com mostrador. Neste caso uma das extremidades da lâmina é fixa e a outra está acoplada a um ponteiro.

O aquecimento faz com que a espiral bimetálica se altere, movendo o ponteiro e indicando o valor da temperatura.

Em temperaturas muito baixas o controle de temperatura pode ser realizado com maior eficácia usando-se os termostatos que se baseiam na expansão de um gás, como os usados nas geladeiras, por exemplo.

Quando ocorre aumento de temperatura no interior da geladeira, o gás contido no capilar do termostato expande, fechando o circuito elétrico que liga o motor. Quando a temperatura no interior da geladeira atinge o valor preestabelecido pelo botão de regulagem, o gás se contrai, permitindo que a pressão da mola abra o circuito elétrico e interrompa o funcionamento do motor.



Para fazer

1) Você pode conseguir numa oficina mecânica ou ferro-velho um termostato de radiador de automóvel.

Coloque-o numa vasilha com água quente para observar a válvula se abrir.



O QUE VOCÊ ESPERA QUE ACONTEÇA AO RETIRÁ-LO DA ÁGUA?

É por esse processo que a água que circula ao redor dos cilindros do motor depois de aquecida, ao atingir a temperatura predeterminada, volta ao radiador para ser resfriada e reutilizada.

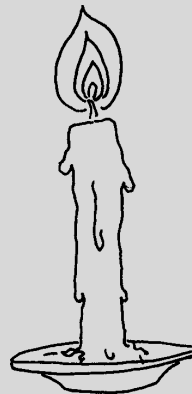
2) Em oficinas de conserto de eletrodomésticos você pode encontrar um termostato de aquecedor elétrico. Aproximando-o e afastando-o da chama de um isqueiro você pode perceber o "liga e desliga" quando os metais do termostato se aquecem e se resfriam.

Obs.: Cuidado para não se queimar e... não desmonte o aquecedor novo de sua mãe.

Acenda uma vela para...

Quando observamos uma lâmpada incandescente, percebemos que a luz produzida é branco-amarelada, e dificilmente conseguimos ver outras cores. Já a observação da chama de uma vela pode nos revelar que a luz emitida por ela possui cores diferentes.

Olhando para a chama de uma vela e dispendo da tabela que relaciona cores com temperatura, você pode avaliar a temperatura das regiões da chama.



COR	TEMPERATURA
castanho	de 520°C a 650°C
vermelho	de 650°C a 1050°C
amarelo	de 1050°C a 1250°C
branco/azulado	acima de 1250°C

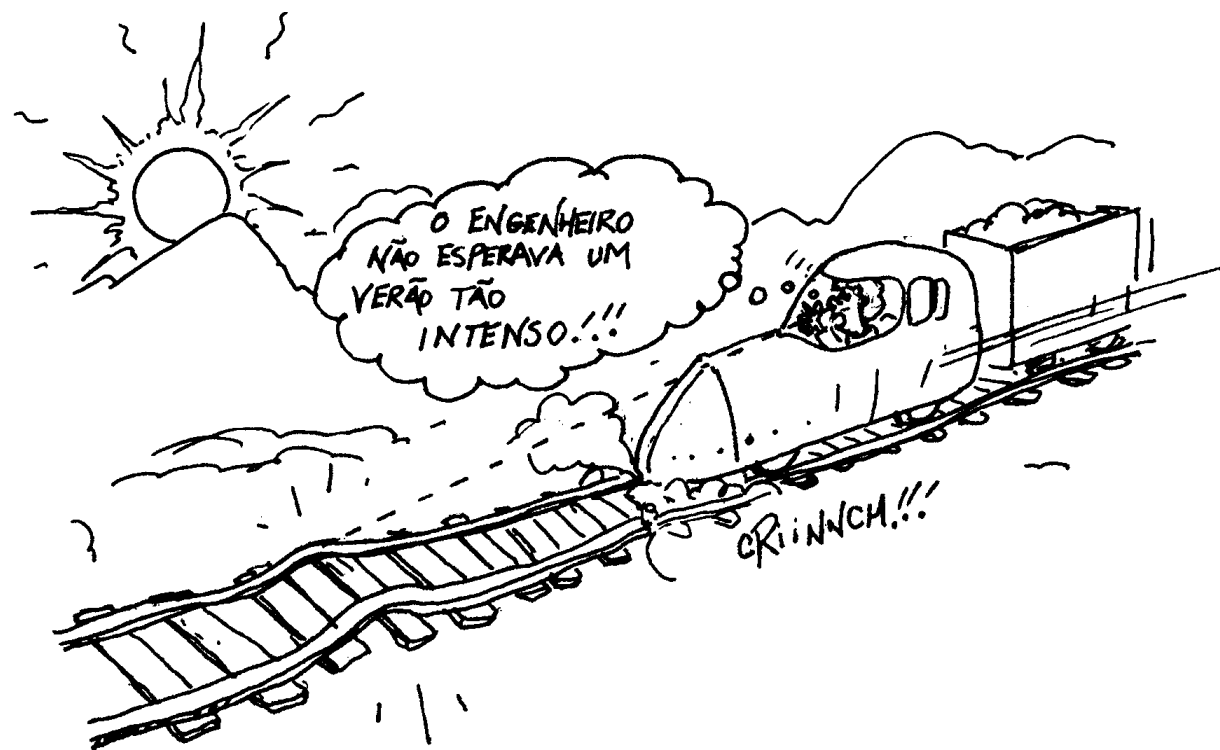
Você agora conhece a temperatura da chama de uma vela mas ainda não sabe responder o que é a chama.

Calma! A gente chega lá...

5

Calculando a dilatação

Podemos calcular exatamente quanto dilata um material que sofre aquecimento.



Os engenheiros evitam acidentes como esse ao prever as dilatações que os materiais vão sofrer, deixando folgas nos trilhos das linhas de trem.

Nas construções civis as juntas são feitas com material que permite a dilatação do concreto.

Observe na sua casa, escola e praças os recursos utilizados pelos construtores para evitar rachaduras.

5

Calculando a dilatação

Descarrilamento de trens e rachaduras no concreto são alguns dos problemas que a dilatação dos materiais causam na construção civil.

Por outro lado, é a dilatação que facilita o trabalho de um ferreiro.

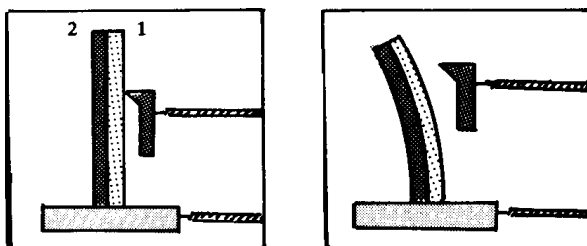


Na fabricação de rodas de carroça e barris, por exemplo, os aros metálicos são aquecidos ao fogo e dilatados; depois são facilmente colocados. Ao esfriar, o metal se contrai e os aros ficam bem justos e firmes na madeira das rodas ou dos barris.

Não são só os sólidos que se dilatam quando aquecidos. Os líquidos dilatam-se mais que os sólidos, e os gases mais ainda; na construção dos termômetros pode ser utilizada substância sólida, líquida ou gasosa, dependendo da temperatura envolvida e da precisão da medida.

Existem substâncias que se contraem ao ser aquecidas; elas são exceções. A água, por exemplo, quando aquecida de 0 a 4°C, se contrai, e quando resfriada abaixo de 0°C, torna-se sólida, e nesse processo se dilata. Essa particularidade garante que só a superfície dos lagos se congele.

A dilatação é sempre volumétrica; as substâncias se dilatam nas três dimensões: comprimento, largura e altura. A propriedade de cada material se dilatar de uma maneira típica é que permite a construção dos pares bimetálicos. Um material dilatando-se mais que o outro provoca a curvatura do dispositivo que liga e desliga os circuitos, como vimos na leitura anterior.



Termostato

A tabela a seguir nos fornece o **coeficiente de dilatação volumétrica** de alguns materiais.

O coeficiente de dilatação volumétrica representa o volume dilatado (em cm³ ou m³ etc.) para uma unidade de volume (em cm³ ou m³ etc.) inicial do material ao ser aquecido em 1°C.

Tabela 5.1: Coeficiente de dilatação volumétrica

Substância	T(°C)	Coef. de dil. vol. (°C ⁻¹)
aço	0 - 100	31,4 x 10 ⁻⁶
água	20	210 x 10 ⁻⁶
álcool	0 - 60	1100 x 10 ⁻⁶
alumínio	20 - 100	71,4 x 10 ⁻⁶
cobre	25 - 100	50,4 x 10 ⁻⁶
ferro	18 - 100	34,2 x 10 ⁻⁶
gelo	20 - 0	153 x 10 ⁻⁶
invar (Fe, Ni)	20	2,7 x 10 ⁻⁶
madeira	20	90 x 10 ⁻⁶
mercúrio	0 - 100	182 x 10 ⁻⁶
ouro	15 - 100	42,9 x 10 ⁻⁶
prata	15 - 100	56,7 x 10 ⁻⁶
superinvar (Fe, Ni, Cr)	20	0,09 x 10 ⁻⁶
tungstênio	20	12 x 10 ⁻⁶
vidro comum	0 - 100	27 x 10 ⁻⁶
vidro Pyrex	20 - 100	9,6 x 10 ⁻⁶

Pela tabela se constata que o coeficiente de dilatação da água no estado líquido é maior do que no estado sólido. No estado gasoso esse coeficiente é cerca de 17 vezes maior do que no líquido.

$$\gamma_{\text{vapor de água}} = 3663 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = \frac{1}{273} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Esse valor de coeficiente de dilatação volumétrica

$$\gamma = \frac{1}{273} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ é o mesmo para todos os gases.}$$

A **dilatação volumétrica** (ΔV) sofrida por uma substância de **coeficiente de dilatação volumétrica** γ é proporcional ao produto do **volume inicial** (V_0) e da **variação de temperatura** (ΔT). Matematicamente podemos representar a dilatação e o coeficiente de dilatação volumétrica como:

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T \rightarrow \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$$

A DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA É DIRETAMENTE PROPORCIONAL AO VOLUME INICIAL E À VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Caso você tenha um fio bem fino e longo, por exemplo, e queira calcular a dilatação de seu comprimento, considere que a dilatação em uma só dimensão depende de um **coeficiente de dilatação linear** equivalente a 1/3 do valor encontrado na tabela, que é de dilatação volumétrica.

Assim, a **dilatação linear** é calculada pela relação:

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \rightarrow \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

Onde:

ΔL = variação do comprimento

L_0 = comprimento inicial

ΔT = variação de temperatura

α = coeficiente de dilatação linear

Às vezes só nos interessa a dilatação de uma superfície do material. Nesse caso levamos em conta duas dimensões e utilizamos o **coeficiente de dilatação superficial**, que é equivalente a 2/3 do coeficiente de dilatação volumétrica. A equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta S = \beta S_0 \Delta T \rightarrow \beta = \frac{\Delta S}{S_0 \Delta T}$$

Onde:

β = coeficiente de dilatação superficial

ΔS = variação da área

S_0 = área inicial

ΔT = variação de temperatura

É um problema de adaptação???

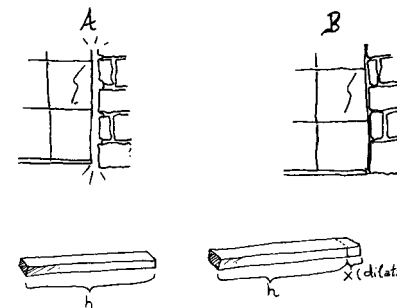
1) Ao lavar pratos e copos, você verifica que às vezes um copo fica "grudado" dentro de outro, não sendo possível separá-los facilmente. Sugira um método simples de fazê-los soltar um do outro sem perigo de quebrá-los.

2) Quando é que o pistão de alumínio do seu carro se adapta mais justamente ao cilindro de aço: quando ambos estão quentes ou quando ambos estão frios? Explique.

3) A platina é o metal utilizado para confecção de amálgama dentário. Seu coeficiente de dilatação volumétrica é $27 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Compare esse coeficiente com o dos demais metais e discuta o porquê dessa escolha.

Os vãos deixados em construções ficam maiores no inverno

DILATAÇÃO



Inverno

Verão

Exercícios

5.1- Um prédio de 100 m, com uma estrutura de aço, tem um vão de 10 cm previsto pelo engenheiro. Que variação de temperatura esse vão permite sem risco para o prédio?

Resolução:

O coeficiente de dilatação volumétrica do aço é:

$$31,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Considerando apenas a dilatação do comprimento da estrutura, usaremos o coeficiente de dilatação linear que vale:

$$\frac{1}{3} \times 31,5 \times 10^{-6} = 10,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Como a dilatação linear prevista é $\Delta L = 10 \text{ cm}$, o coeficiente de dilatação linear é $\alpha = 10,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e o comprimento é $L_0 = 100 \text{ m} = 10^4 \text{ cm}$, teremos:

$$\Delta T = \frac{\Delta L}{L_0 \alpha} = \frac{10}{10^4 \times 10,5 \times 10^{-6}} \cong 95^\circ\text{C}$$

Como você pode ver, o engenheiro foi previdente até demais.

5.2- Você dispõe de um litro de água e outro de álcool dotados de tubos capilares de 1 mm^2 , bem longos colocados nas rolhas.

Sabendo que os coeficientes de dilatação da água e do álcool valem respectivamente: $\gamma_{\text{água}} = 210 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ e $\gamma_{\text{álcool}} = 1.100 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, determine a altura da coluna de cada líquido quando a variação de temperatura for de 10°C .

Resolução:

Antes de tudo vamos expressar o volume de 1 litro em mm^3 .

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 \quad \text{e} \quad 1 \text{ dm} = 10^2 \text{ mm}$$

Portanto:

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = (10^2)^3 \text{ mm}^3 = 10^6 \text{ mm}^3$$

Como: $\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$

$$\Delta V_{\text{água}} = 10^6 \times 210 \times 10^{-6} \times 10 = 2.100 \text{ mm}^3$$

$$\Delta V_{\text{álcool}} = 10^6 \times 1.100 \times 10^{-6} \times 10 = 11.000 \text{ mm}^3$$

Como a área da secção reta do capilar é de 1 mm^2 , a altura h é numericamente igual ao volume.

Assim, a altura da coluna de água vale $2.100 \text{ mm} = 2,10 \text{ m}$ e a de álcool vale $11.000 \text{ mm} = 11 \text{ m}$.

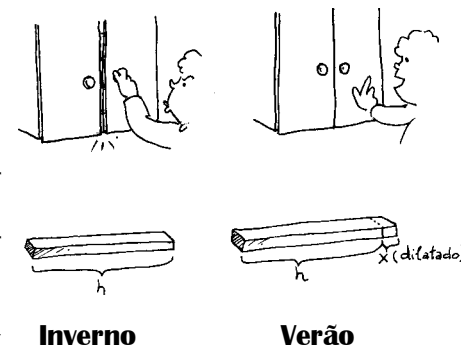
Imagine o transtorno se você quisesse medir febre com um termômetro desses!

5.3- Um mecânico pretende soltar uma porca de invar (liga de ferro com níquel) de um parafuso de ferro. Qual deve ser o procedimento do mecânico se a porca estiver emperrada?

5.4- Um posto recebeu 5.000 litros de gasolina num dia em que a temperatura era de 35°C . Com a chegada de uma frente fria, a temperatura ambiente baixou para 15°C , assim permanecendo até que a gasolina fosse totalmente vendida. Sabendo-se que o coeficiente de dilatação da gasolina é $1,1 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, calcule em litros o prejuízo sofrido pelo dono do posto.

5.5- Explique por que travessas de vidro comum não podem ir ao forno e as de vidro refratário (como o Pirex) podem.

Portas de armário que ficam "emperradas" no verão abrem sozinhas no inverno



Inverno

Verão

6

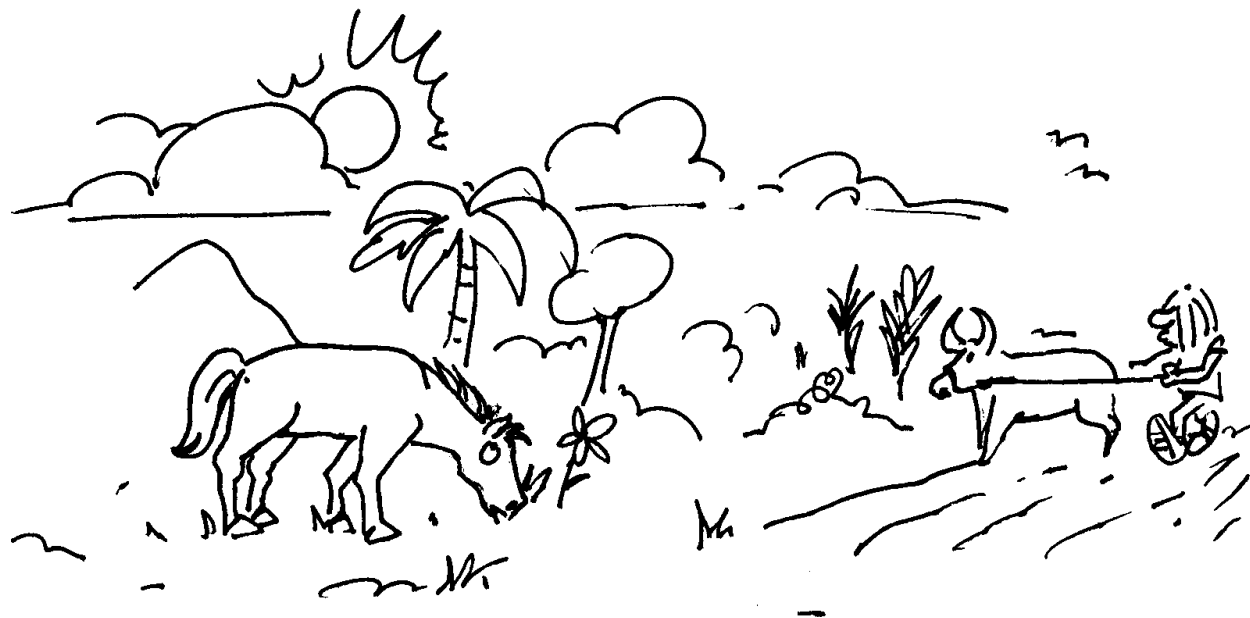
Sol: a fonte da vida

A energia:
na fotossíntese
e na respiração.

O capim precisa de luz e calor do Sol.

O gado come o capim.

Você se alimenta das plantas e do gado.



Você inspira o oxigênio fornecido pela planta.

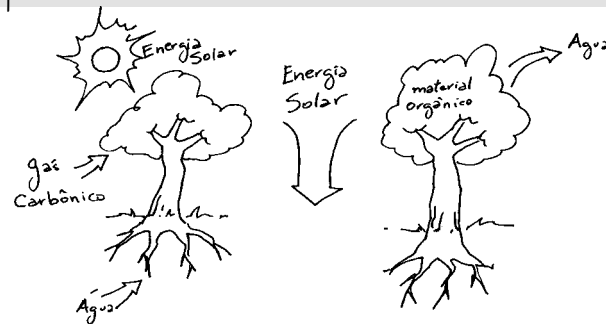
Você libera o gás carbônico e o calor de que a planta necessita...

6

Sol: a fonte da vida

**Luz do Sol
Que a folha traga e
traduz...
Em verde novo.**

A música do Caetano Veloso conta um fenômeno que acontece no planeta há muitos milhões de anos.



A fotossíntese é o processo através do qual os vegetais produzem o combustível indispensável para a vida da planta, do homem e de outros animais.

Os vegetais necessitam da luz solar, absorvendo a energia em reações químicas e armazenando-a em ligações químicas. É na fotossíntese realizada pelas plantas que ocorre o primeiro e principal processo de transformação de energia no ambiente terrestre.

Os vegetais que possuem clorofila absorvem energia solar e gás carbônico do ar e realizam reações químicas, produzindo material orgânico como açúcares, gorduras e proteínas, e liberam oxigênio.

A reação química que ocorre na **fotossíntese** poderia ser esquematizada da seguinte forma:



Fotossíntese e a vida animal

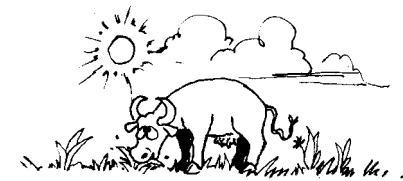
As pessoas e os animais também necessitam de energia para sua sobrevivência e suas atividades. Não produzimos, como as plantas verdes, a energia interna que armazenamos.

Ao ingerirmos o alimento proveniente das plantas, parte das substâncias entra na constituição celular e parte fornece a energia necessária às nossas atividades, como o crescimento,

a reprodução etc. Esse processo de liberação de energia, análogo ao de queima, é a **respiração**.



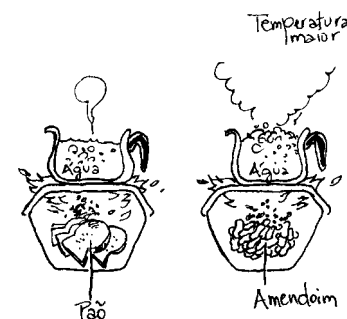
Essa energia é proveniente da reação de queima dos alimentos retirados do meio ambiente, por exemplo das plantas verdes ou de animais como o gado, que come as plantas verdes.



A energia dos alimentos

A quantidade de energia contida em um alimento é medida pela energia obtida em sua queima. Se queirmos a mesma quantidade de pão e amendoim para aquecermos uma mesma quantidade de água, ao medirmos a temperatura da água perceberemos, no final da queima, que ela ficará mais aquecida quando utilizamos o amendoim como combustível.

O amendoim libera mais energia na queima por conter menor quantidade de água e por possuir substâncias mais calóricas que o pão.



Felizmente não precisamos fazer esta atividade sempre que quisermos saber o poder energético de um alimento. Encontramos tabelas que nos fornecem essas informações. Na tabela 6.1, por exemplo, estão especificados os teores de energia expressos em quilocalorias (kcal) por 100 g de alimento.

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal} = 1 \text{ Cal}$$

1 caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de 1 grama de água no estado líquido.

Tabela 6.1: Energia fornecida pelos alimentos

Alimentos	Porções (100g)	Energia (kcal)
leite de vaca cru	meio copo	63
queijo branco fresco	uma fatia	243
pão	duas unidades	269
ovo	duas unidades	163
carne de vaca (magra)	um bife	146
peixe de mar frito	dois filés	371
arroz cozido	3 colheres (sopa)	167
feijão cozido	5 colheres (sopa)	67
mamão	uma fatia	32
refrigerante	meio copo	39
batata frita	2 unidades	274

Devido ao nosso próprio metabolismo, absorvemos quantidades variadas de energia ingerindo os mesmos alimentos que outras pessoas. A perda de energia ao realizar as mesmas atividades também é uma característica pessoal, dependendo do tamanho corporal e da eficiência dos movimentos.

Consumimos em média cerca de 3.500 kcal de alimentos diariamente.

O conhecimento da quantidade de energia liberada pelos alimentos no organismo é de interesse de médicos e nutricionistas, uma vez que a alimentação com excesso ou deficiência de calorias pode levar à obesidade, a doenças vasculares ou à subnutrição.

As tabelas de dieta fornecem o valor de energia do alimento em grande caloria (Cal) em lugar de quilocaloria (kcal). Neste caso, 1 Cal (caloria médica) corresponde a 1 kcal em Física.

É possível se fazer um balanço entre a energia fornecida pelos alimentos e a energia consumida por uma pessoa durante um determinado tempo em suas atividades diárias.

EXPERIMENTE CALCULAR A QUANTIDADE DE ENERGIA
FORNECIDA PELOS ALIMENTOS QUE VOCÊ INGERIU
HOJE

A energia dos alimentos representava para o homem primitivo a quase totalidade do seu consumo energético, pois ele, além de consumir os alimentos, só usava a energia do fogo.

Situação muito diferente acontece no mundo moderno. Só 5% do que o cidadão urbano consome atualmente corresponde à energia dos alimentos para sua subsistência. A maior parte provém dos combustíveis dos veículos, da energia elétrica para iluminar, tomar banho, aquecer e resfriar e da energia para a produção dos bens que ele utiliza.



O ciclo do carbono

Na grande quantidade de transformações que ocorrem na Terra, a fotossíntese, a respiração e a decomposição, além de promoverem uma circulação da energia proveniente do Sol, também são responsáveis pela circulação de um importante elemento químico, o carbono.

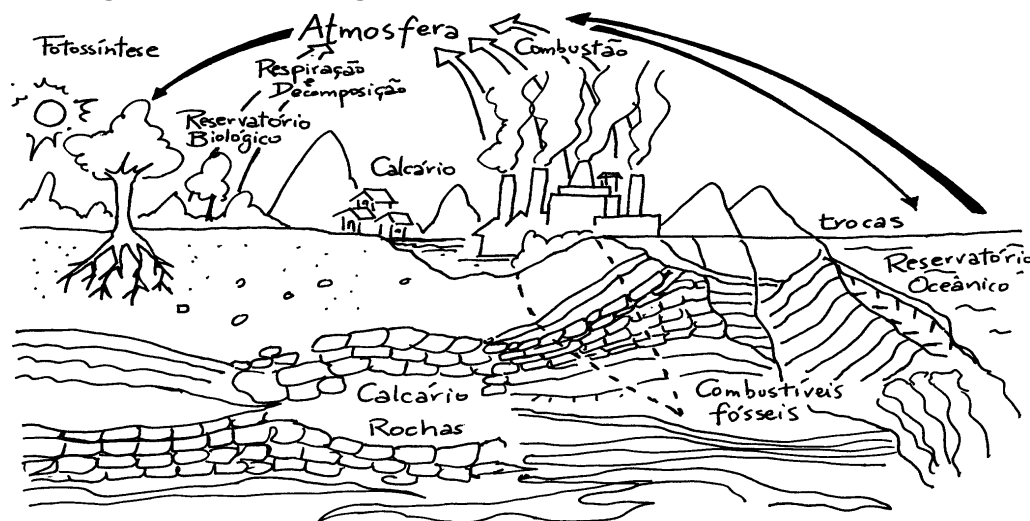
O gás carbônico dissolve-se nas águas oceânicas e entra em contato com os íons de cálcio que vão sendo depositados lenta e continuamente no fundo dos oceanos. Ao longo de milhões de anos esses materiais originam rochas como o calcário ou o mármore.

Os esqueletos e carapaças dos seres marinhos como lagostas, caranguejos, corais, mariscos etc. são constituídos de carbonato de cálcio, a mesma substância que constitui o mármore.

Esses animais retiram o gás carbônico e os íons de cálcio diretamente da água do mar e, quando morrem, também vão contribuir para a formação de carbonato, que poderá formar rochas.

como a fotossíntese, a respiração e decomposição, constituindo o ciclo do carbono.

Veja a figura apresentada a seguir:



Balanco energético

Diariamente ingerimos alimentos cuja energia é utilizada na realização de nossas atividades.

Veja na tabela ao lado a taxa de utilização de energia medida em quilocalorias por hora em algumas atividades.

Confira se você se alimenta bem do ponto de vista energético fazendo um balanço.

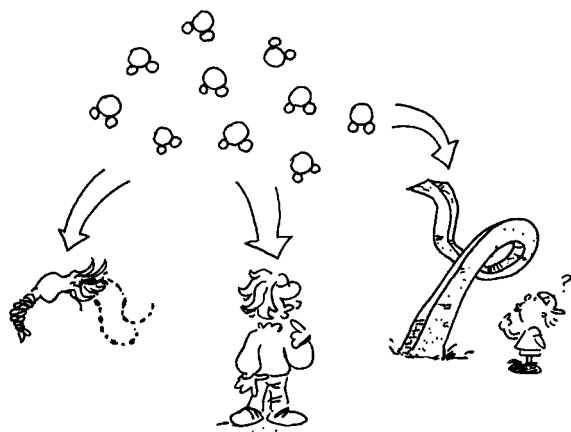
Verifique quanta energia você gasta durante um dia inteiro. Quanta energia você consome no mesmo tempo? Você queima todas as calorias ingeridas?

Certas dietas alimentares fixam em 1.500 Calorias (ou seja, 1.500 kcal de energia) o consumo energético diário visando uma gradual perda de peso de pessoas com alguns quilos a mais.

Consulte a tabela 6.1 e proponha um cardápio energeticamente balanceado de um dia para essa dieta.

Tabela 6.2

dormir	78 kcal/h
ficar sentado	108 kcal/h
assistir à aula ou estudar	180 kcal/h
trabalhar	180 kcal/h
ficar em pé	120 kcal/h
andar	228 kcal/h

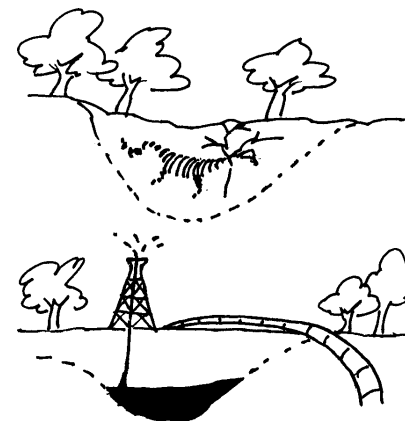
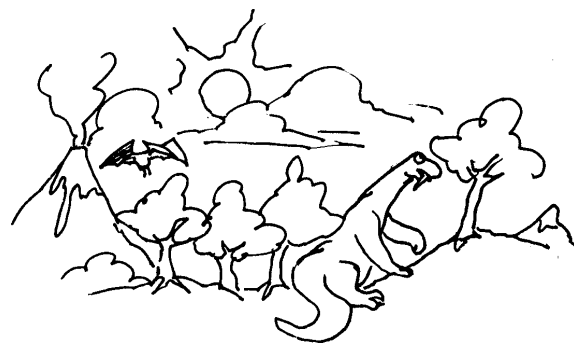


A atmosfera, os vegetais, os animais e os oceanos são verdadeiros reservatórios de carbono do nosso planeta, e os átomos de carbono migram de um reservatório para outro, através dos processos intimamente relacionados,

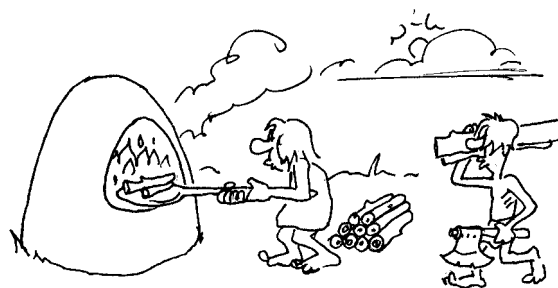
7

O Sol e os combustíveis

- A lenha.
- O carvão mineral.
- O petróleo.
- O álcool de cana.
- De onde vem essa energia?



Animais e plantas soterrados ao longo de bilhões de anos se transformaram em combustíveis fósseis.



Na queima da lenha, do petróleo, do álcool de madeira ou de cana, transformamos energia química em térmica, que pode ser transformada em energia de movimento.

Carvão mineral: um combustível fóssil

Os combustíveis fósseis são reservas da energia solar produzidas no passado

O Sol é o responsável por quase toda a energia que utilizamos

As plantas, ao realizarem a fotossíntese, garantem a produção de matéria orgânica e do oxigênio do ar necessários à vida animal.

Ao morrer, tanto as plantas como os animais se decompõem muito rapidamente. Ao longo de bilhões de anos, muitos organismos foram soterrados por areia ou lama e submetidos a intensas pressões, sofrendo um processo de fossilização.



A gasolina, o óleo diesel e outros derivados do petróleo são formados por fósseis vegetais e animais, assim como os alimentos, a lenha e o carvão vegetal produzidos pelas plantas são resultados da transformação de energia proveniente do Sol através da fotossíntese, em energia química de ligação, principalmente do carbono e do hidrogênio.



Tanto a hidroeletricidade como a energia dos ventos e as combustões de todos os tipos dependem da radiação solar, seja para a evaporação da água, seja para a circulação de ar ou para a fotossíntese, que garante a formação dos combustíveis.

A pergunta que fica é: que origem tem a energia solar? Essa energia, também chamada **energia radiante**, é resultado da fusão nuclear que se dá no processo de evolução das estrelas.

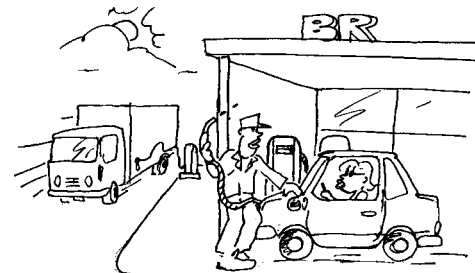
No caso do Sol, por exemplo, o tipo de fusão nuclear que ocorre faz com que núcleos de hidrogênio se juntem para compor núcleos mais complexos, como o de hélio.

Para a fusão nuclear ser possível é preciso uma temperatura altíssima, de milhões de graus. *Qual a origem inicial dessa temperatura? Que fonte de energia a promove?* Nova surpresa: é a energia gravitacional. Estrelas, como o Sol, se formam pela autocompactação gravitacional de grandes nuvens cósmicas que "caem sobre si mesmas". Nesse processo a energia potencial gravitacional se transforma em energia cinética, térmica, garantindo a alta temperatura, essencial à fusão nuclear.

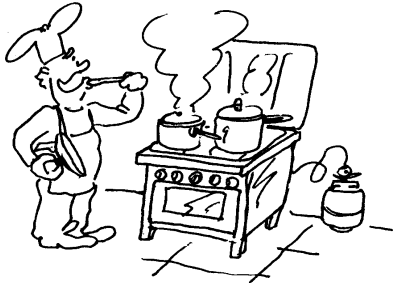
Será que todas as fontes de energia que existem dependem da energia proveniente do Sol? Uma das fontes de energia no nosso planeta que não tem origem solar é a energia de fusão e fissão nuclear, usadas respectivamente nas terríveis bombas A e H e nas controversas usinas nucleares.

O Sol e a energia que utilizamos

Os motores de automóveis e de outros veículos e as turbinas de aviões necessitam de uma fonte de energia para a produção do movimento. A energia necessária é proveniente da queima de combustíveis como a gasolina, o álcool, o óleo diesel ou o querosene.



Os fornos, fogões e aquecedores em geral têm o funcionamento baseado na queima de um combustível. Quando utilizamos combustíveis como gasolina, álcool, carvão, lenha, gás natural e outros, estamos transformando energia química em energia térmica.



O combustível mais utilizado nos fornos e fogões é o GLP (gás liquefeito de petróleo), contido em botijões de gás, que, ao ser liberado, entra em contato com o oxigênio do ar e, na presença de uma centelha, transforma energia química em energia térmica. Esse processo recebe o nome de **combustão**.



A combustão, presente tanto nos aparelhos residenciais como nos veículos, libera energia para o meio, aquecendo-o. Essa energia, conhecida como calor, depende do combustível usado e do seu fluxo.

Em todos esses processos em que ocorrem trocas de calor, os sistemas mais quentes aquecem os mais frios. Dessa forma, "**fonte de calor**" é qualquer sistema que esteja mais quente que sua vizinhança. O grau de aquecimento de um objeto é caracterizado numericamente por sua **temperatura**, ou seja, quanto mais aquecido, maior sua temperatura.

Sistemas que estejam em contato sempre interagem termicamente na troca de radiação ou na colisão entre suas partículas. Quando na mesma temperatura, há equilíbrio térmico, sem ganho ou perda de energia.

Temperaturas diferentes resultam em efetiva variação de energia, levada de um sistema para outro. **Por isso se define calor como sendo a energia transferida devido a diferenças de temperatura.**

A quantidade de calor liberada durante a queima completa de uma unidade de massa da substância combustível é denominada calor de combustão.

A tabela 7.1 fornece o calor de combustão de alguns combustíveis em kcal/kg.

MAS QUAL O SIGNIFICADO DESSA UNIDADE DE MEDIDA?

Uma maneira de medirmos energia é compararmos a quantidade utilizada em determinada situação com a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1°C, que chamamos **caloria**.

Considerando que 1 kcal é igual a 1.000 calorias, quando o calor de combustão de um determinado combustível for igual a 1 kcal/kg, significa que em 1 kg de combustível serão liberadas 1.000 cal de energia durante a combustão.

O valor do calor de combustão nos permite comparar a quantidade de calor liberada por massas iguais de diferentes combustíveis.

OS MATERIAIS QUE QUEIMAM QUANDO EM CONTATO COM O AR E UMA CENTELHA SÃO CHAMADOS COMBUSTÍVEIS, E O PROCESSO DE QUEIMA É CONHECIDO COMO COMBUSTÃO

Existem combustíveis que não precisam de uma centelha para iniciar a combustão. O palito de fósforo é um exemplo desse tipo. Neste caso, o atrito com o material da caixa é suficiente para fazer o palito pegar fogo.

Tabela 7.1

Combustível	Calor de combustão (kcal/kg)
álcool etílico (etanol)*	6400
álcool metílico (metanol)**	4700
carvão vegetal	7800
coque	7200
gás hidrogênio	28670
gás manufaturado	5600 a 8300
gás natural	11900
gasolina	11100
lenha	2800 a 4400
óleo diesel	10900
petróleo	11900
querosene	10900
TNT	3600

* é obtido de cana-de-açúcar, mandioca, madeira. Utilizado como álcool combustível em veículos no Brasil.

** é obtido de carvão, gás natural, petróleo.

Só produzimos calor por meio da queima?

Existem outras situações em que ocorrem transformações de energia térmica e o aquecimento também se encontra presente. As freadas, o esfregar das mãos, a compressão do ar pelas bombas de bicicleta e as marteladas, que envolvem processos tais como atrito, compressão dos gases e choques mecânicos, são algumas dessas situações. Nestes casos, ocorre um aquecimento localizado que constitui uma fonte de calor em relação à sua vizinhança.



Outro modo de produção de calor é por meio da corrente elétrica que circula em alguns tipos de fio. Este se aquece a ponto de emitir luz, como é o caso do tungstênio do filamento das lâmpadas ou do níquel-cromo dos chuveiros, aquecedores de ambiente, fornos ou ferros elétricos.

ALÉM DESSES É POSSÍVEL TERMOS OUTROS PROCESSOS NOS
QUAIS OCORRE AQUECIMENTO E EM QUE ALGUMA "COISA"
FUNCIONA COMO FONTE DE CALOR?

Podemos perceber a liberação de calor numa situação em que umedecemos um pano com álcool e depois o colocamos na água. A dissolução do álcool na água se constitui numa fonte de calor que vai aquecer a vizinhança, no caso a nossa mão.

Por outro lado, temos a sensação de frio quando saímos de uma piscina. Isso acontece porque as gotículas de água, em contato com o nosso corpo, retiram calor dele ao evaporar.

O conhecimento dos valores de energia fornecidos por cada combustível é importante para o dimensionamento dos queimadores e, em geral, para o planejamento, construção e uso dos fogões e outros aquecedores.

Exercícios

7.1 - Consulte a tabela 7.1 e responda:

- Indique o combustível que libera maior quantidade de calor por unidade de massa.
- Compare as quantidades de calor liberadas pela mesma massa de TNT e gasolina.
- Qual a relação entre as massas de gasolina e de álcool para a liberação da mesma quantidade de calor?
- Pesquise o preço de um quilograma de álcool e de um quilograma de gasolina. Estabeleça a razão entre custo e energia liberada para cada um deles. Essas razões são iguais?

7.2 - É comum percebermos que a água de uma moringa é mais fresca do que a de uma garrafa de vidro. Explique por que existe essa diferença.

7.3 - Pode-se cortar um arame exercendo nele movimentos de "vaivém" repetidas vezes. Explique essa operação por meio da transformação de energia.

7.4 - Quando alguns veículos descem uma serra longa e íngreme, é comum sentirmos "cheiro de queimado". Você é capaz de explicar esse fato? O que acontece nessa situação?



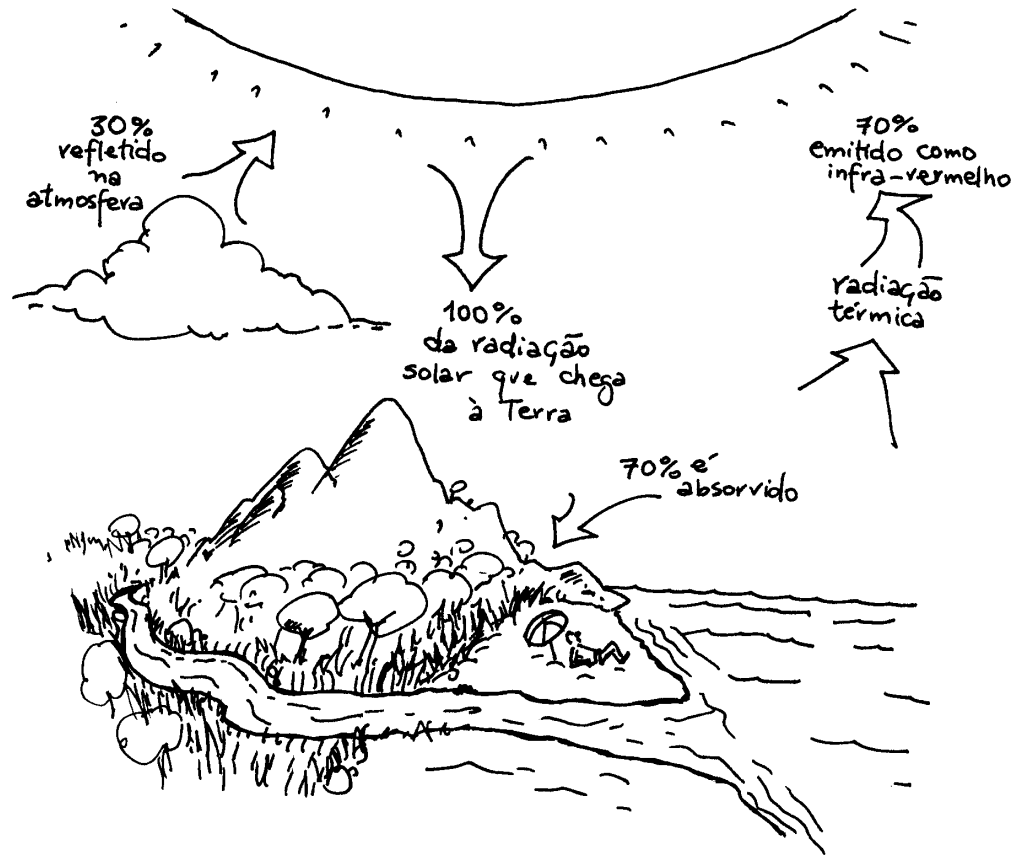
8

Calor e conforto

O calor do Sol chegando até nós.

Como o calor se propaga nas situações cotidianas?

As trocas de calor que ocorrem numa cozinha.



De toda a energia do Sol que chega à Terra, 30% é refletida nas camadas superiores da atmosfera.

Os 70% restantes são absorvidos pelo ar, água, solo, vegetação e animais.

Essa energia, que garante a existência de vida na Terra, é trocada entre todos os elementos e retorna para o espaço como radiação térmica.

O homem utiliza a tecnologia para trocar calor com o meio ambiente de uma maneira confortável.

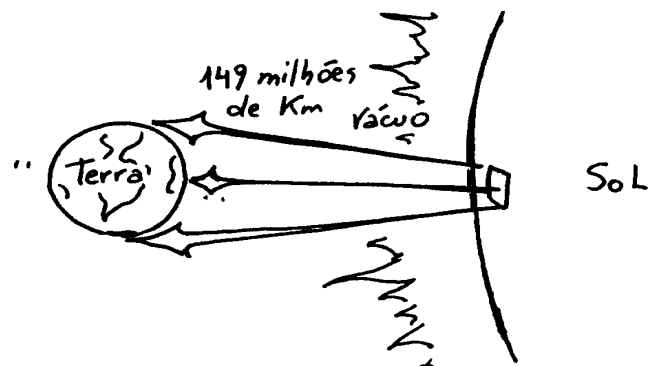
A luz e o calor do Sol quando chegam até nós já percorreram 149 milhões de quilômetros atravessando o espaço vazio, o vácuo, pois a camada atmosférica que envolve a Terra só alcança cerca de 600 km.

Esse processo de propagação de calor que não necessita de um meio material é a **irradiação**.

O Sol irradia energia em todas as direções. De toda a energia liberada pelo Sol, só 1,4 bilionésimo chega até a Terra.

O CALOR FLUI

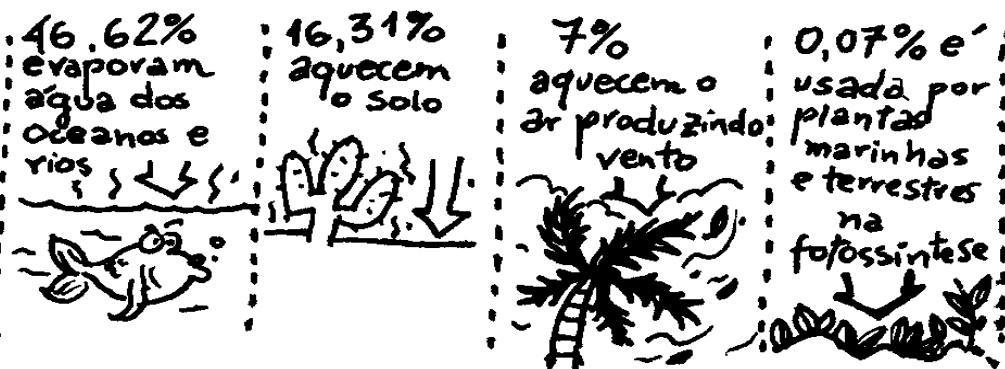
ESPONTANEAMENTE DE
UMA FONTE QUENTE PARA
UMA FONTE FRIA.



Toda a energia solar absorvida na Terra acaba sendo reemitida para o espaço como radiação térmica.

Parte dessa energia (30%) é refletida diretamente nas altas camadas da atmosfera e volta para o espaço.

Cerca de 46,62% dessa energia aquece e evapora a água dos oceanos e rios; 16,31% aquecem o solo; 7% aquecem o ar e 0,07% é usada pelas plantas terrestres e marinhas na fotossíntese.



O CALOR SE PROPAGA NO AR, NA ÁGUA, NO SOLO E NOS OBJETOS ATRAVÉS DE UM MEIO MATERIAL

O ar em contato com o solo aquecido atinge temperaturas mais altas do que a das camadas mais distantes da superfície. Ao aquecer ele se dilata e passa a ocupar um volume maior; tornando-se menos denso, ele sobe. Em contato com o ar mais frio, perde calor, se contrai e desce.

O deslocamento do ar quente em ascensão e de descida do ar frio, as chamadas correntes de convecção, constituem um outro processo de propagação de calor, a **convecção**. Esse processo ocorre no aquecimento de líquidos e gases.



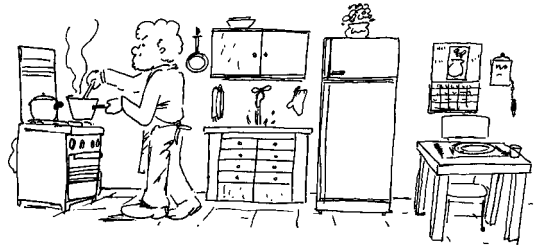
Nos sólidos o calor é conduzido através do material. É devido à condução de calor através do metal que o cabo de uma colher esquentada quando mexemos um alimento ao fogo.



Geralmente um objeto é aquecido por mais de um processo ao mesmo tempo. Numa cozinha você encontra várias fontes de calor e situações de troca interessantes. Faça a próxima atividade.

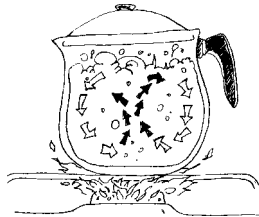
A cozinha: um bom laboratório de Física Térmica

Ao entrar numa cozinha em funcionamento você se depara com algumas fontes de calor e um ambiente aquecido. Relacione essas fontes.



Analise as situações em destaque

1- Quando se aquece água em uma vasilha de alumínio, há formação de bolhas de ar que sobem, enquanto outras descem. Se você colocar serragem na água esse fenômeno ficará mais evidente.



- Quais os processos de propagação de calor envolvidos nessa situação?
- Se colocarmos uma pedra de gelo na água fria, poderemos observar as correntes de convecção?

2- Quando colocamos a mão ao lado e abaixo de uma panela que foi retirada do fogo, sentimos a mão aquecida.



- A que processo de propagação de calor você atribui o aquecimento da mão?

3- Como se dá a propagação do calor do forno para o ambiente?

- Compare a temperatura dos armários localizados próximos ao chão com a dos localizados no alto. A que você atribui essa diferença de temperatura?

4- Observe uma geladeira.

Será que o congelador tem de estar sempre na parte de cima? Por quê? E as prateleiras, precisam ser vazadas? Por quê?



5- Quando você coloca uma travessa retirada do forno sobre uma mesa utilizando uma esteira, qual o processo de troca de calor que você está evitando?

6- Investigue as diferentes panelas e as travessas que vão ao forno e para a mesa. Faça uma lista dos diferentes materiais que encontrou.

Dicas da cozinha:

Na cozinha de sua casa, os fornos atingem temperaturas de cerca de 400°C. Nas indústrias metalúrgicas a temperatura dos fornos é muito maior, da ordem de 1500°C, mas os processos de propagação de calor são os mesmos.

Ao aquecer a água, a serragem deve ter ajudado a evidenciar as correntes de convecção. A camada inferior de água é aquecida por condução, pelo alumínio da panela. A água aquecida se dilata e sobe, sendo que a água da camada superior, mais fria, se contrai e desce. Também observamos as correntes de convecção esfriando a camada superior da água com uma pedra de gelo.

É para facilitar a convecção do ar que as prateleiras das geladeiras são vazadas. O ar quente sobe, resfria-se em contato com o congelador, sempre localizado na parte de cima da geladeira, se contrai e desce, resfriando os alimentos.

A temperatura mais elevada dos armários superiores da cozinha são também uma consequência da convecção do ar. O ar quente sobe e permanece em contato com eles.

É para evitar a condução do calor que usamos uma esteira entre a vasilha aquecida e a mesa, que queremos preservar.

Você deve ter ficado em dúvida ao colocar a mão ao lado e abaixo da panela. Quando colocada abaixo da panela, a mão não poderia ser aquecida por convecção, pois o ar quente sobe.

Neste caso, a propagação do calor se deu por condução através do ar ou por irradiação? Afinal, o piso da cozinha

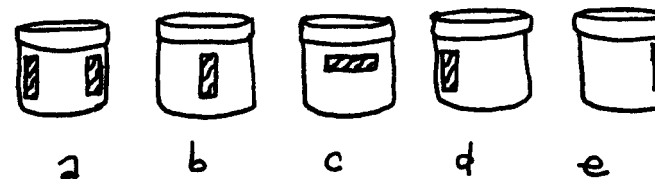
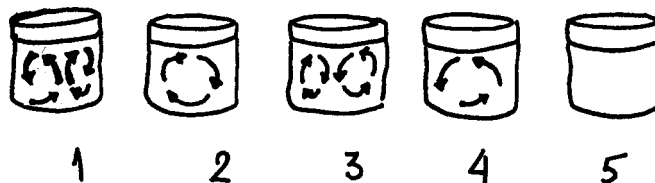
se aquece devido à condução do calor do forno e da chama do fogão pelo ar ou por irradiação?

Para responder a essas questões vamos procurar mais informações sobre a condução do calor pelos materiais. Numa cozinha há uma grande variedade deles, como você deve ter observado. Esses novos dados vão responder a outras questões relativas aos materiais utilizados em cozinhas, indústrias, moradias e roupas.

Exercício:

8.1- Para observar correntes de convecção um aluno mergulhou um ou dois objetos de alumínio aquecidos (cerca de 100°C) num balde com água em temperatura ambiente, em várias posições.

Relacione cada uma das situações ilustradas com a respectiva corrente de convecção que deve ter sido observada.



9

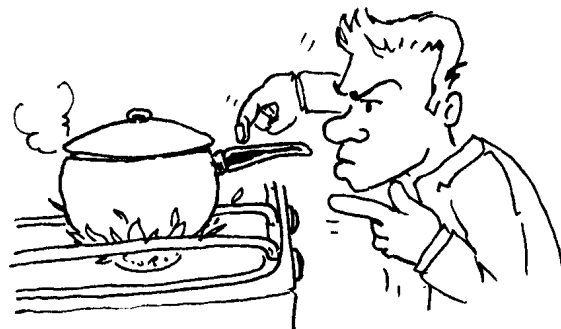
Transportando o calor

Utensílios.

Material de Construção.

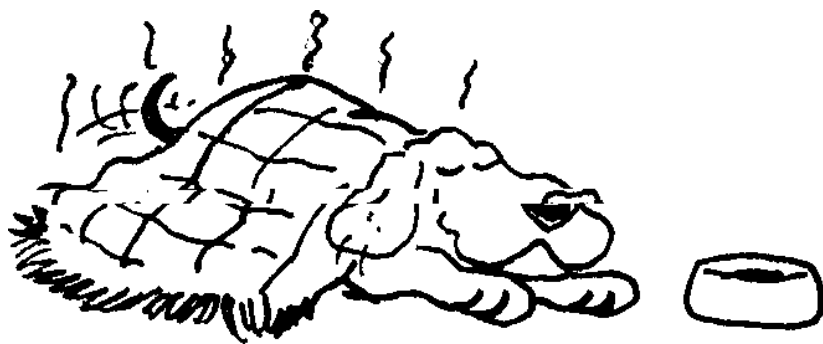
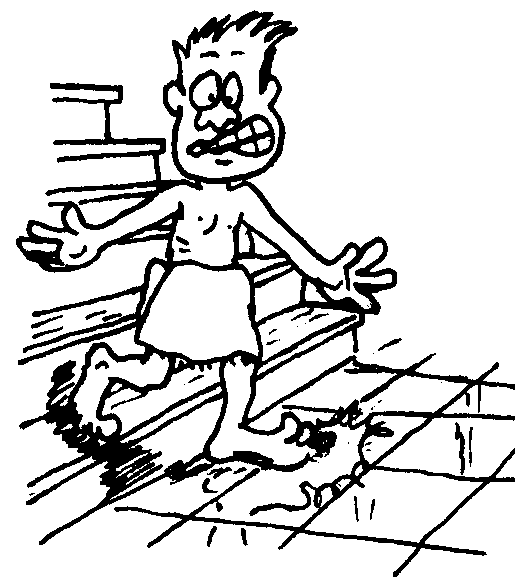
Roupas.

Isolantes ou Condutores?



Por que o cabo de panelas normalmente não é feito de metal?

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



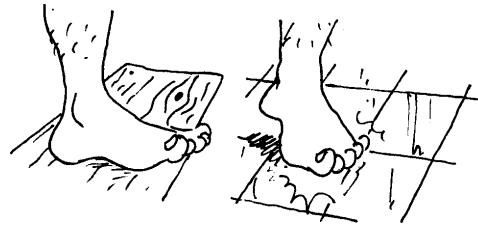
Um cobertor de lã é "quente"?
Ele produz calor?

Tabela 9.1

Substâncias	Coefficiente de condutividade térmica (cal/s.cm.°C [20°C])
ar	$0,006 \times 10^{-3}$
fibra de vidro	$0,0075 \times 10^{-3}$
poliestireno	$0,0075 \times 10^{-3}$
amianto	$0,02 \times 10^{-3}$
madeira	$0,02 \times 10^{-3}$
cortiça	$0,04 \times 10^{-3}$
cerâmica	$0,11 \times 10^{-3}$
água	$0,15 \times 10^{-3}$
concreto	$0,2 \times 10^{-3}$
gelo (a 0°C)	$0,22 \times 10^{-3}$
vidro	$0,25 \times 10^{-3}$
tijolo	$0,3 \times 10^{-3}$
mercúrio	$1,97 \times 10^{-3}$
bismuto	$2,00 \times 10^{-3}$
chumbo	$8,30 \times 10^{-3}$
aço	$11,00 \times 10^{-3}$
ferro	$16,00 \times 10^{-3}$
latão	$26,00 \times 10^{-3}$
alumínio	$49,00 \times 10^{-3}$
antimônio	$55,00 \times 10^{-3}$
ouro	$70,00 \times 10^{-3}$
cobre	$92,00 \times 10^{-3}$
prata	$97,00 \times 10^{-3}$

O cabo de panelas geralmente de madeira ou de material plástico (baquelite) permanece a uma temperatura bem menor que a panela aquecida, o que nos permite retirá-la 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 mais complexa, como definir a matéria-prima das peças de máquinas térmicas.

É importante na escolha de materiais levarmos em conta o seu comportamento em relação à condução térmica. Para isso comparamos esses materiais segundo o seu **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 o calor ao colocar 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.

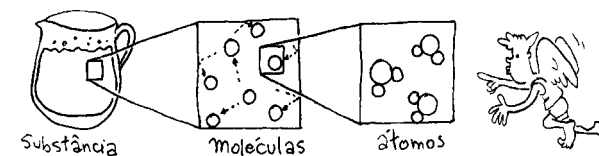
Ser um bom condutor de calor, entre outras propriedades, faz com que o aço, o ferro e o alumínio sejam a matéria-prima das peças de máquinas térmicas, como o motor de carros. Nesses motores a combustão, o calor interno devido à explosão do combustível é muito intensa e deve ser rapidamente transferido para o meio ambiente, para evitar que as peças se dilatem 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?

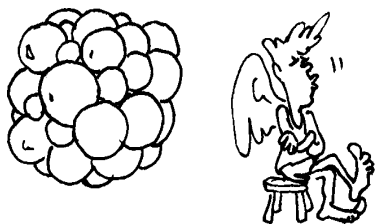
Não podemos ver como as substâncias são constituídas, nem mesmo com microscópios potentes, mas podemos imaginar como elas são fazendo um "modelo" baseado em resultados experimentais.

Como são constituídos os materiais?

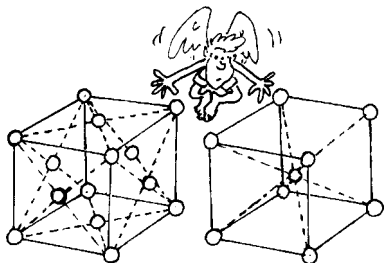
Um modelo proposto pela comunidade científica é o que supõe que todas as substâncias são formadas por pequenas porções iguais chamadas moléculas. As moléculas diferem umas das outras, pois podem ser constituídas por um ou mais átomos iguais ou diferentes entre si.



Cada material é formado por átomos e moléculas que o caracterizam. 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.

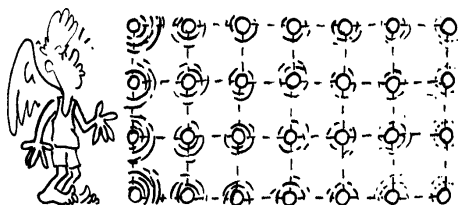


Os átomos do alumínio formam uma estrutura regular chamada de rede cristalina.



Neste modelo de sólido cristalino as moléculas não ficam paradas, e sim 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 vibram mais intensamente, interagem com os átomos vizinhos que, sucessivamente interagem com outros, propagando o calor por toda a extensão da panela. É dessa forma que o nosso modelo explica a propagação do calor por condução.



Em materiais em que 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 têm forma nem volume definidos. A convecção também é o processo pelo qual o calor se propaga, predominantemente, nos gases.

Escolhendo os materiais

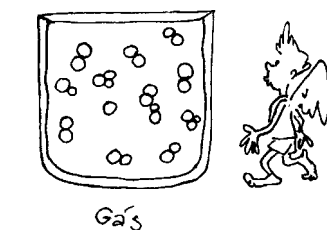
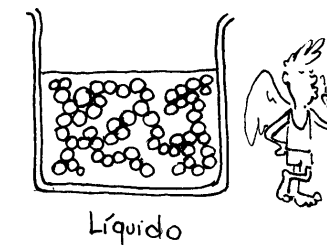
Dependendo das condições climáticas de um lugar, somos levados a escolher um tipo de roupa, de moradia e até da alimentação.

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, com o uso de roupas leves em ambiente refrigerados.

Nos sólidos a irradiação do calor ocorre simultaneamente à condução



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

Trocas de calor

Como trocamos calor com o ambiente?

Apesar de perdermos calor constantemente, o nosso organismo se mantém a uma temperatura por volta de 36,5°C devido à combustão dos alimentos que ingerimos.

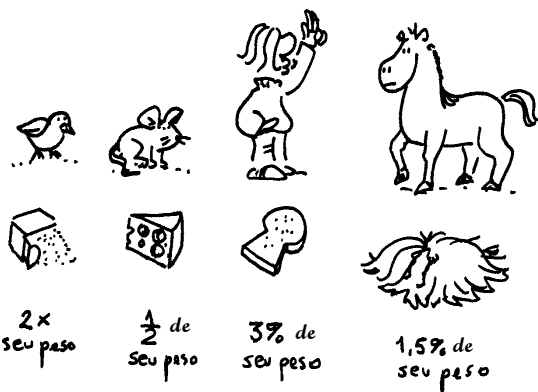
Quanto calor nós perdemos? Como perdemos calor?

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 essa energia, consumimos diariamente cerca de 1/40 do nosso peso em alimentos.

Você já observou que os passarinhos e os roedores estão sempre comendo?

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



É pela 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 tem 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 ser consumidos no inverno, quando perdemos calor mais facilmente.

Trocando calor...

9.1 - Cenas de filmes mostram habitantes de regiões áridas atravessando desertos com roupas compridas de lã e turbantes. Como você explica o uso de roupas "quentes" nesses 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.

Ao anoitecer a temperatura no deserto cai rapidamente e a roupa de lã protege os viajantes, impedindo o fluxo de calor do corpo para o exterior.

9.2 - Asas-deltas e *paragliders*, conseguem atingir locais mais altos do que o ponto do salto, apesar de não terem motor. 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-deltas ou *paragliders* conseguem aproveitar as correntes

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

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

9.3 - Geladeiras e fornos normalmente têm a estrutura (carcaça) 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 a carcaça de geladeiras como a de fornos são fabricadas com duas paredes recheadas com um material isolante.

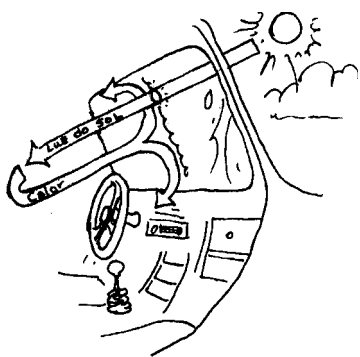
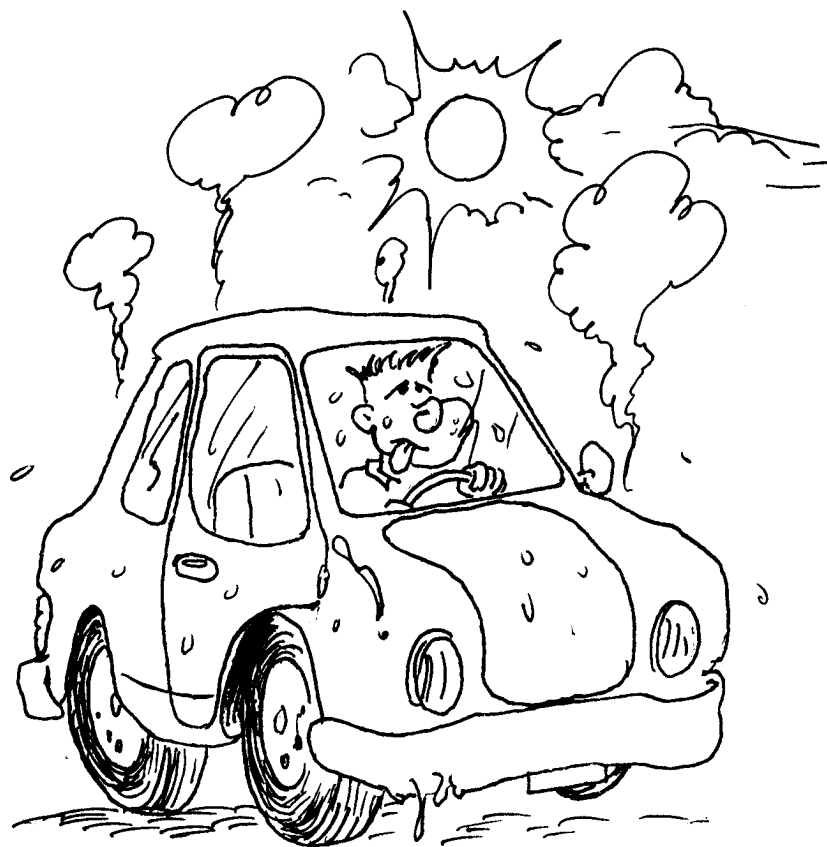
Os isolantes térmicos mais eficientes são a lã de vidro e a espuma de poliuretano. Eles evitam que o calor seja conduzido do ambiente para o interior da geladeira. No caso dos fornos, eles impedem as perdas de calor por condução do interior do forno para fora.

9.4 - No livro *No País das Sombras Longas*, Asiatic, 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 iglu pequeno é mais rápido de ser construído e mais fácil de manter aquecido do que uma casa enorme?". Discuta esse comentário fazendo um paralelo entre os tipos diferentes de habitação. (Obs.: compare os coeficientes de condutividade da madeira, do gelo e do concreto.)

— 10 —

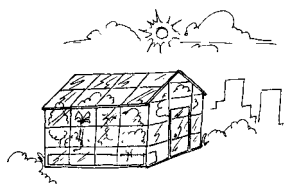
Cercando o calor

A estufa.
A garrafa térmica.
O coletor solar.



Quem já entrou num carro que tenha ficado estacionado ao sol por algum tempo vai entender o significado da expressão "cercando o calor".

Se o calor "consegue" entrar no carro, por que ele não sai?
Como os materiais "absorvem" e emitem calor?



NA IRRADIAÇÃO SOMENTE
A ENERGIA É
TRANSMITIDA.
AS ONDAS
ELETROMAGNÉTICAS
NÃO NECESSITAM DE UM
MEIO MATERIAL PARA
SER TRANSPORTADAS.

NAS INTERAÇÕES COM
OS MATERIAIS A LUZ SE
COMPORTA COMO
PARTÍCULA.

A estufa

Quando um carro fica exposto ao sol, o seu interior se aquece muito, principalmente porque os vidros deixam entrar a luz, que é absorvida pelos objetos internos e que por isso sofrem uma elevação de temperatura. Costumamos dizer que o carro se transformou em uma estufa.

De fato, as estufas utilizadas no cultivo de algumas plantas que necessitam de um ambiente aquecido para se desenvolver são cobertas de vidro. Mas, por que o lado de dentro fica mais quente que o lado de fora?

O "calor" do Sol chega até nós principalmente na forma de luz visível, por irradiação, isso porque quase todo calor proveniente do Sol é refletido ou absorvido na atmosfera terrestre. Para explicar a irradiação, seja a do Sol, seja a de um forno ou de qualquer objeto aquecido, temos de pensar na luz como uma onda eletromagnética, semelhante às ondas de rádio ou às de raios X. Novamente estamos recorrendo a um modelo para explicar um fenômeno.

Essas ondas não necessitam de um meio material para ser transportadas. Nesse processo de propagação de calor, somente a energia é transmitida.

A luz do Sol, interpretada como uma onda eletromagnética, atravessa o vidro do carro ou da estufa e incide nos objetos internos. Eles absorvem essa radiação e emitem radiação infravermelha (calor), que fica retida no interior do carro, impedida de sair porque o vidro é "opaco" a ela, tendo um efeito cumulativo.

Além disso, a troca de calor com o ambiente externo por condução é dificultada porque o ar de fora também está quente e o vidro é um mau condutor de calor.

Absorção da luz

Qualquer objeto que receba a luz do Sol absorve energia, se aquece e emite calor.

A interação da luz com a matéria só ocorre nos pontos onde a luz incidir. Isso pode ser observado no

desbotamento dos tecidos e papéis expostos ao sol, que só ocorre em alguns pontos.

Esse efeito localizado só é explicado se interpretarmos que a luz nessa interação com a matéria se comporta como partícula. Esse modelo, o **modelo quântico**, considera a energia luminosa como grãos de energia, os **fótons**.

Os objetos absorvem fótons de energia da luz incidente e depois emitem fótons de energia mais baixa, o calor.

Estes dois aspectos da luz: comportar-se como onda ou como partícula nas interações com a matéria são conhecidos como a **"dualidade onda-partícula"**. Este modelo será estudado com mais detalhes no curso de Óptica e Eletromagnetismo.

Veja agora como "aprisionamos" calor impedindo a absorção ou emissão de radiação e outras trocas de calor num utensílio de uso diário em nossa casa.

A garrafa térmica

Inventada no final do século XIX pelo cientista Dewar, essa vasilha dificulta muito a propagação do calor por condução, por convecção ou por irradiação.

É constituída de paredes duplas. Quase todo o ar contido entre as paredes é retirado, evitando-se assim que o calor se perca por convecção ou por condução.

Para evitar as perdas de calor por radiação, as paredes são prateadas: a interna, na parte em contato com o líquido, para refletir as ondas de calor do interior, impedindo-as de sair, e a externa, na parte de fora, para refletir as ondas de calor que vem do meio ambiente, impedindo-as de entrar.



COMO A GARRAFA TÉRMICA

TAMBÉM MANTÉM LÍQUIDOS A
TEMPERATURAS INFERIORES À
DO AMBIENTE?

Um aparelho construído para "cercar" o calor com a função de aquecer a água é o coletor solar.

Depois das leituras sobre a propagação do calor e com algumas investigações você pode fazer a próxima atividade.

Atividade: Construção de um coletor solar

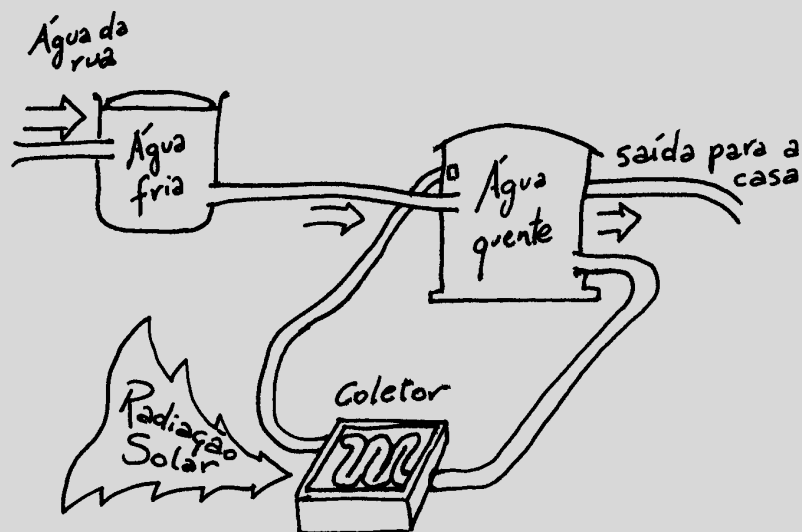
O sistema de captação de energia solar foi idealizado no século XVIII pelo cientista suíço Nicolas de Saussure.

Utilizado hoje em residências e indústrias, esse aparelho capta a energia solar e impede as perdas de calor por irradiação e condução para o ambiente, com a finalidade de aquecer a água.

O Sol, fonte de energia gratuita, disponível algumas horas por dia, ao substituir os combustíveis comuns preserva as reservas de energia fóssil e não polui.

Você pode construir um aquecedor simples levando em conta o que aprendeu e com alguma pesquisa.

- 1- Escolha um tubo através do qual deve circular a água e que será exposto ao sol. Da escolha de um tubo de borracha, PVC ou metal dependerá a eficiência do seu coletor. Consulte a tabela de condutividade.
- 2- Você acha que é necessário que o tubo forme uma serpentina como o do esquema apresentado? Por quê?
- 3- Esse tubo deve ser pintado? De que cor? Investigue a influência da cor dos objetos na absorção da energia térmica medindo a temperatura de objetos brancos (de mesmo material), pretos e de outras cores que tenham ficado expostos ao sol durante o mesmo tempo. A partir da sua investigação, qual cor de tinta é a mais indicada. Por quê?
- 4- Os coletores solares industrializados são cobertos por uma placa de vidro. Verifique como a colocação desse dispositivo melhora a eficácia de seu aparelho. Lembre-se da estufa!
- 5- Encontre soluções para evitar as perdas de calor do seu aquecedor para o exterior. Consulte a tabela 9-1.
- 6- No aquecedor esquematizado, qual deve ser a entrada e a saída de água do reservatório de água quente para o coletor? Por quê?



- 7- Meça a temperatura atingida pela água no seu coletor solar. Compare a eficiência do seu aparelho com a dos seus colegas e com a dos aparelhos industrializados.

Transformando luz em calor

O efeito estufa

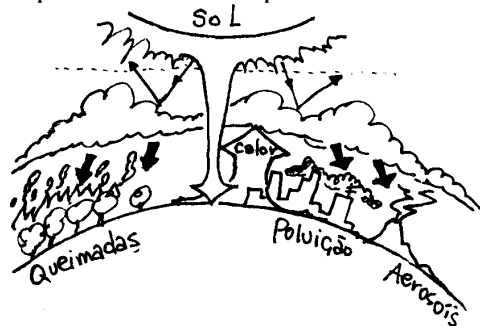
A Terra recebe diariamente a energia solar, que é absorvida pelo planeta e emitida na forma de radiação infravermelha para o espaço. Uma parcela desse calor volta para nós retido pela atmosfera.

O vapor de água, o gás carbônico e o CFC (clorofluorcarbono) presentes na atmosfera deixam passar luz solar, mas absorvem a radiação infravermelha emitida pela Terra e a devolvem para a superfície, o que constitui o **efeito estufa**. O oxigênio e o nitrogênio, transparentes tanto à luz solar como ao infravermelho, não colaboram para o efeito estufa.

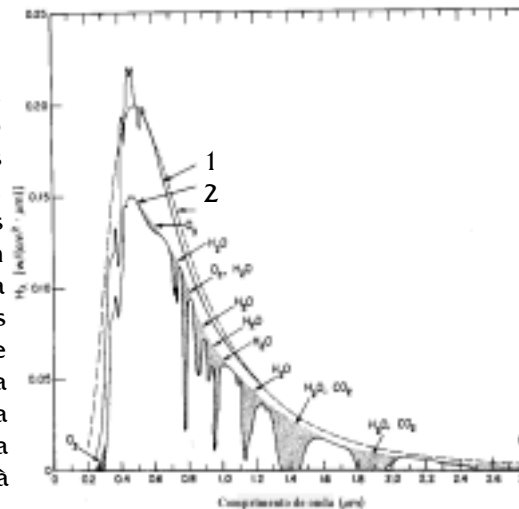
É devido ao efeito estufa que o nosso planeta se mantém aquecido durante a noite. Sem esse aquecimento a Terra seria um planeta gelado, com poucas chances de propiciar o surgimento da vida.

Há milhares de anos, a temperatura média da Terra é de 15°C, isso porque toda energia que chega do Sol é emitida como radiação infravermelha para o espaço. Porém, no último século, a temperatura média da Terra aumentou cerca de 0,5°C. Alguns pesquisadores atribuem esse aumento ao efeito estufa causado por um acréscimo da concentração de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, devido à combustão de carvão usado na geração de energia elétrica e do petróleo nos meios de transporte.

Se a concentração de CO₂ na atmosfera aumentar muito, quase toda radiação infravermelha voltará para o planeta, que se aquecerá cada vez mais. É um aquecimento de grandes proporções que tememos. Ele poderia transformar terras férteis em solos áridos e provocar o derretimento das geleiras dos pólos, inundando as regiões litorâneas. Não é à toa que o efeito estufa é para nós sinônimo de ameaça.



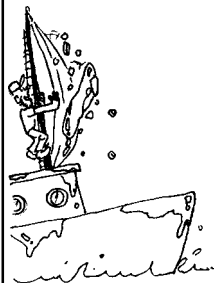
O gráfico ao lado apresenta as curvas de Irradiação solar fora da atmosfera terrestre (1) e ao nível do mar (2). Podemos identificar, na região hachurada, a absorção do calor pelos gases da atmosfera terrestre, bem como estimar a parcela da radiação refletida nas altas camadas da atmosfera. Note que na parte à direita a curva corresponde ao calor, e que a ampla absorção impede a chegada dessa radiação à superfície terrestre.



Que cor esquenta mais?

Os pigmentos, responsáveis pelas cores dos objetos e das tintas, são conjuntos de substâncias que refletem parte da luz incidente - compondo a cor que vemos - e que absorvem o restante - transformando luz em calor. A tabela ao lado relaciona o índice de reflexão da luz incidente para alguns materiais e cores.

Agora responda: que cores esquentam mais?



Em seu livro *Paratii: Entre Dois Pólos*, Amyr Klink narra a sua decisão de importar um mastro para seu barco *Paratii*, que navegaria até a Antártida. O mastro deveria ser anodizado, isto é, ter a superfície do alumínio coberta por uma cor, sem ser pintada. Amyr conta também como essa decisão foi, para ele, de vital importância.

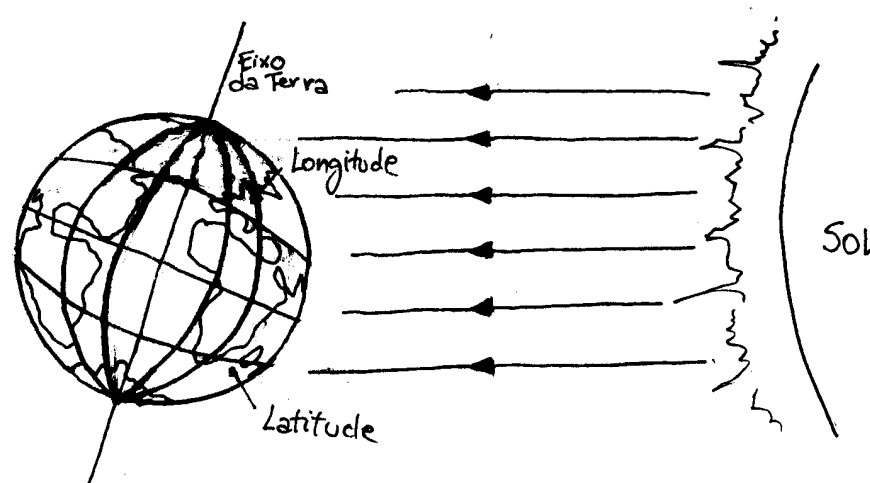
Material ou cor	reflexão (%)
Branco	70 - 85
Cesso	70 - 80
Amarelo	65 - 75
Esmalte branco	65 - 75
Azulejo branco	60 - 75
Mármore claro	60 - 70
Cinza-claro	45 - 65
Rosa	45 - 60
Cimento claro	35 - 50
Azul-claro	30 - 55
Verde-claro	30 - 55
Madeira clara	30 - 50
Ocre	30 - 50
Concreto claro	30 - 40
Cinza médio	25 - 40
Laranja	25 - 35
Vermelho-claro	25 - 35
Tijolo claro	20 - 30
Concreto escuro	15 - 25
Granito	15 - 25
Azul-escuro	10 - 25
Madeira escura	10 - 25
Marrom	10 - 25
Verde-escuro	10 - 25
Cinza-escuro	10 - 20
Vermelho-escuro	10 - 20
Tijolo escuro	10 - 15
Preto	5

"...e então descobri o quanto foi importante insistir na cor preta do mastro. Ao tocar no gelo, ele desprendeu-se como um picolé saindo da fôrma. Subi até a primeira cruzeta e em segundos não havia mais gelo sobre a superfície escura do mastro. Todas as outras ferragens, que não eram pretas, estavam cobertas." (pág. 178)

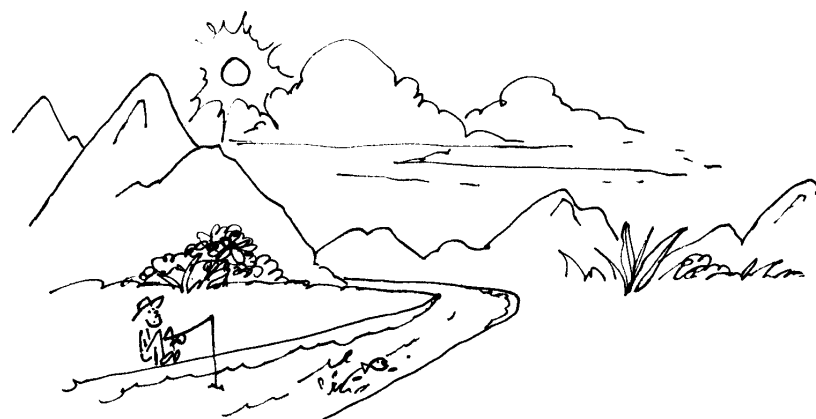
11

Aquecimento e clima

Brisas amenas ou vendavais assustadores?
O que propicia a formação dos ventos?



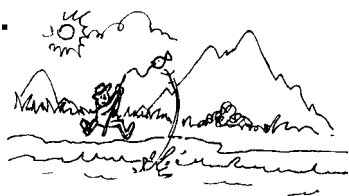
A inclinação do eixo da Terra e a localização de uma região (latitude e longitude) determinam a quantidade de radiação solar que a região recebe.



O solo, a água e a vegetação, entretanto, alcançam temperaturas diferentes ao receberem a mesma quantidade de radiação solar.

Esse aquecimento diferenciado, juntamente com as características de cada região, determinam o seu clima.

11 Aquecimento e clima



O aquecimento diferenciado do solo, da água e da vegetação, a presença de maior ou menor quantidade desses elementos numa localidade, as diferentes formações rochosas, como as montanhas e vales, determinam o clima de uma região.

O homem pode interferir nesse equilíbrio ao lançar no ar partículas de gás carbônico (CO_2) em quantidades que alterem significativamente a atmosfera, ao represar os rios nas construções de hidrelétricas, desmatando florestas, provocando erosões, poluindo o solo e a água.

Essas alterações, poderiam provocar um aumento na temperatura média do nosso planeta, que é de 15°C e não se modifica ao longo de muitos anos. Um aumento de cerca de 2°C na temperatura média da Terra seria suficiente para transformar terras férteis em áridas e duplicar o número de furacões.

MAS COMO O AQUECIMENTO DA TERRA INFLUI NA
FORMAÇÃO DE FURACÕES? ESSE AQUECIMENTO TAMBÉM É
RESPONSÁVEL PELA OCORRÊNCIA DE VENTOS MAIS
AMENOS?

Vamos discutir esse aquecimento pela formação de ventos brandos e agradáveis.

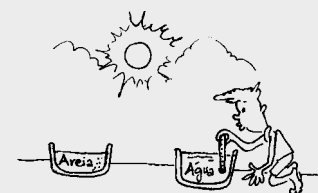
A brisa marítima.

Diferentemente dos ventos que ocorrem eventualmente, a brisa marítima é um fenômeno diário, sopra do mar para a terra durante o dia e em sentido contrário à noite.

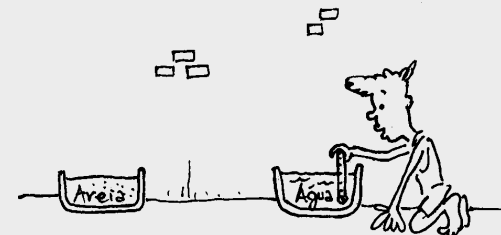
Durante o dia a areia atinge uma temperatura bem maior do que a água. Você pode fazer a próxima atividade para comprovar essa afirmação.

Aquecendo areia e água

Deixe em duas vasilhas rasas a mesma massa de água e de areia expostas ao sol. Meça a temperatura da água e da areia algumas vezes e anote esses valores.



Retirando as vasilhas do sol, você pode comparar as quedas de temperatura da areia e da água ao longo do tempo.



Você vai verificar com essa atividade que para massas iguais de areia e água que recebem a mesma quantidade de calor a elevação da temperatura da areia é bem maior. A areia também perde calor mais rapidamente do que a água quando retirada do sol.

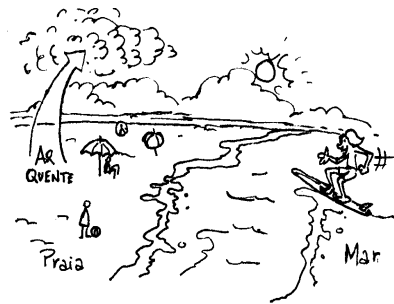
A quantidade de calor necessária para elevar em 1°C a temperatura de uma unidade de massa de cada substância é chamada de calor específico.

Quando a radiação solar incide sobre o solo, ela é quase totalmente absorvida e convertida em calor. Além disso, esse aquecimento fica restrito a uma fina camada de terra, uma vez que esta é má condutora de calor. Por outro lado, sendo a água quase transparente, a radiação, ao incidir sobre o mar, chega a aquecer a água em maior profundidade. Assim sendo, a massa de terra que troca

calor é muito menor que a de água, e acaba também sendo responsável pela maior elevação de temperatura da terra.

Um outro fator que contribui da mesma forma para essa diferença de aquecimento é que parte da radiação recebida pela água é utilizada para vaporizá-la e não para aumentar sua temperatura.

Como a terra fica mais aquecida durante o dia, o ar, nas suas proximidades, também se aquece e se torna menos denso, formando correntes de ar ascendentes. Acima da superfície da areia "cria-se" então uma região de baixa pressão, isto é, menos moléculas de ar concentradas num certo espaço.



O ar próximo à superfície da água, mais frio e por isso mais denso, forma uma região de alta pressão.

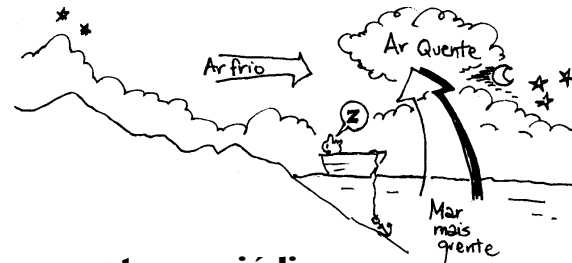


Esse ar mais frio movimenta-se horizontalmente do mar para a terra, isto é, da região de alta pressão para a de baixa pressão.

Essa movimentação se constitui numa brisa que sopra do mar para a terra e que ocorre graças à convecção do ar.

À noite, os mesmos fatores ocorrem de forma inversa, e a brisa sopra da terra para o mar.

A água se mantém aquecida por mais tempo, enquanto a terra diminui rapidamente sua temperatura. Diferentes resfriamentos, diferentes pressões; o ar sobre a terra está mais frio e mais denso (alta pressão), o ar sobre o mar, mais quente e menos denso (baixa pressão), e a brisa sopra da terra para o mar.



Outros ventos periódicos

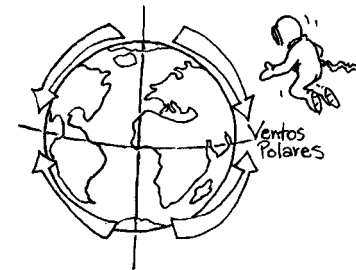
Além das brisas marítimas temos ventos diários que sopram dos pólos para o equador. Esses ventos se formam porque o ar próximo às superfícies aquecidas da região equatorial se torna menos denso e sobe, criando uma região de baixa pressão.

Ocorre então uma movimentação horizontal de ar frio da região de alta pressão (pólos da Terra) para a região de baixa pressão (equador da Terra).

Existem também ventos periódicos anuais. Devido à inclinação do eixo da Terra, em cada época do ano um hemisfério recebe maior quantidade de calor que o outro, o que provoca a formação de ventos que estão associados às quatro estações do ano.

Os ventos se formam devido ao aquecimento diferenciado de solo, água, concreto, vegetação e da presença de maior ou menor quantidade desses elementos.

A altitude de uma região, bem como a sua localização no globo (latitude e longitude), definem a quantidade de radiação solar recebida e caracterizam o seu clima em cada época.



O fenômeno El Niño

Até cerca de 30 anos atrás, o "El Niño" era um fenômeno conhecido apenas por pescadores peruanos. Os cardumes de anchovas sumiam das águas onde eram pescados, o que acontecia com periodicidade de alguns anos, geralmente na época do Natal, daí o seu nome El Niño (O Menino Jesus).

El Niño é visto até hoje como um fenômeno climático que ocorre periodicamente e altera o regime de ventos e chuvas do mundo todo. Consiste no aquecimento anormal da superfície das águas do oceano Pacífico na região equatorial, que se estende desde a costa australiana até o litoral do Peru.

Hoje, acredita-se que os ventos tropicais que sopram normalmente da América do Sul em direção à Ásia, através do Pacífico, são responsáveis pelas baixas temperaturas no oceano Pacífico junto à costa das Américas. Os ventos "empurram" constantemente a camada da superfície do oceano, aquecida pelo sol, para a costa da Ásia e da Austrália, deixando exposta a camada mais fria. Quando esses ventos diminuem de intensidade, provocam esse aquecimento "anormal" e o fenômeno El Niño. As causas do enfraquecimento dos ventos tropicais ainda não são conhecidas, mas são periódicas.

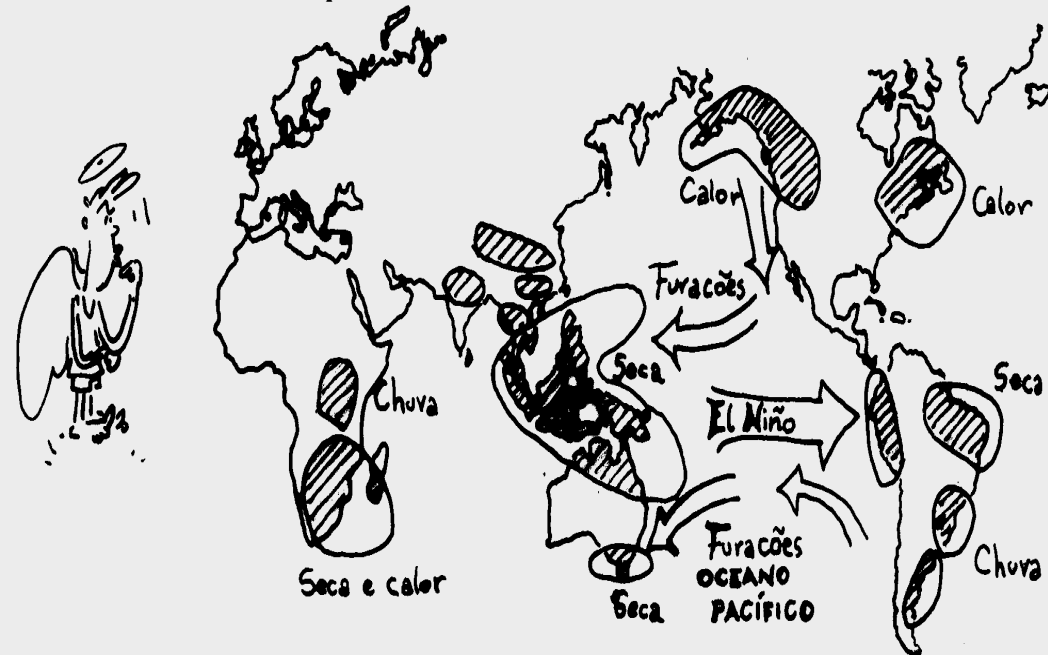
Normalmente os ventos tropicais são fortes e deixam à tona as águas mais frias, que juntamente com os seus nutrientes atraem os peixes. Essa mistura de águas mantém a temperatura da região equatorial do oceano Pacífico em torno de 24°C.

Com a diminuição da intensidade dos ventos tropicais, que acontece periodicamente, não ocorre o deslocamento das águas superficiais, o que muda o equilíbrio global. A água da superfície chega a atingir 29°C, por uma extensão de 5000 km.

Devido à elevação de temperatura, há maior evaporação dessa grande massa de água, e as chuvas caem sobre o oceano em vez de chegar até o sudeste da Ásia, provocando tempestades marítimas e desregulando os ciclos das chuvas de toda a região tropical.

Como consequência, temos chuvas intensas no sudeste dos Estados Unidos, no sul do Brasil e na região costeira do Peru.

O El Niño é responsável também pelas secas mais intensas no nordeste brasileiro, no centro da África, nas Filipinas e no norte da Austrália.



Atualmente, os pesquisadores mantêm bóias no oceano Pacífico que registram diariamente a temperatura da água. Dados coletados nos anos 80, mostram que em doze anos aconteceram quatro aquecimentos. Anteriormente a esse controle, pensava-se que o El Niño ocorresse a cada sete anos.

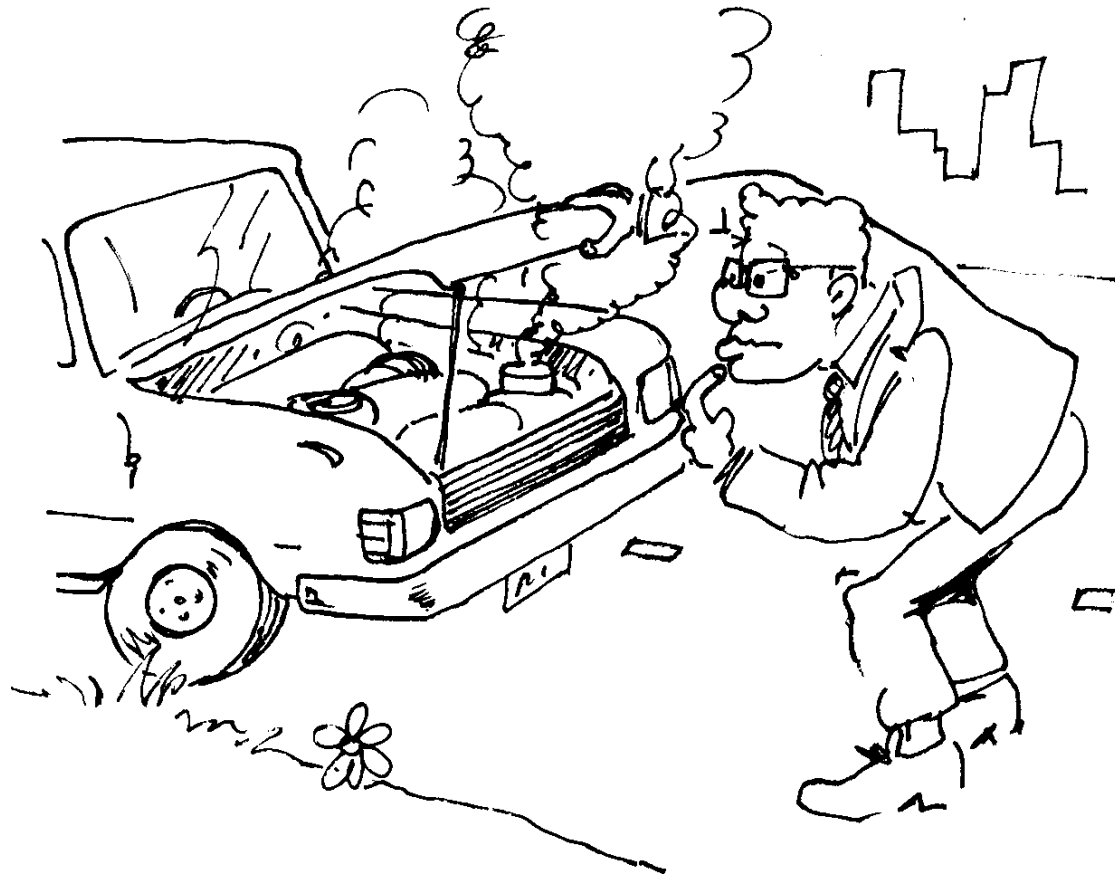
Para alguns cientistas, o homem é o vilão, que ao poluir o ar interfere no seu ciclo, tornando-se responsável pelo fenômeno El Niño. Mas existe também uma teoria que afirma ser o calor liberado pelo magma vulcânico do fundo do oceano Pacífico o responsável por esse aquecimento, que se constitui no maior fenômeno climático da Terra.

O que você acha? Faça uma pesquisa sobre as medidas que têm sido tomadas pelo homem para diminuir os efeitos desse fenômeno. Procure saber também sobre o fenômeno oposto ao El Niño, a La Niña. Qual será a diferença?

—12—

Aquecimento e técnica

Carro refrigerado
a ar ou a água?



Calores específicos tão diferentes como o do ar e o da água determinam sistemas de refrigeração que utilizam técnicas bastante diferentes.

As câmaras de combustão do motor de automóveis, onde ocorre a queima do combustível, atingem altas temperaturas (em média cerca de 950°C). Se esses motores não forem refrigerados continuamente, suas peças fundem-se. Essa refrigeração pode ser feita pela circulação de água ou de ar, duas substâncias abundantes na natureza mas que se aquecem de maneira bastante diferente.

Tabela 12.1

Substância	Calor específico (pressão constante) (cal/g.°C)
água a 20°C	1
água a 90°C	1,005
álcool	0,6
alumínio	0,21
ar	0,24
chumbo	0,031
cobre	0,091
ferro	0,11
gelo	0,5
hidrogênio	3,4
latão	0,092
madeira (pinho)	0,6
mercúrio	0,03
nitrogênio	0,247
ouro	0,032
prata	0,056
tijolo	0,2
vapor de água	0,48
vidro	0,2
zinco	0,093

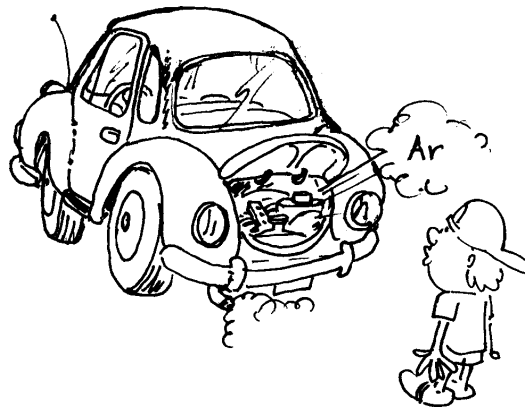
Enquanto 1 grama de água precisa receber 1 caloria de energia calorífica para elevar sua temperatura em 1°C, 1 grama de ar tem a mesma alteração de temperatura com apenas 0,24 caloria. A tabela 12.1 mostra o calor específico da água, do ar e de alguns materiais utilizados em construções e na indústria.

Esses valores tão diferentes de calor específico da água (considerada como elemento padrão) e do ar, juntamente com outras características, são determinantes na escolha entre os dois sistemas de refrigeração.

Refrigeração a ar

No sistema de refrigeração a ar é um ventilador acionado pelo motor do carro (ventoinha) que joga o ar nas proximidades dos cilindros, fazendo-o circular entre eles.

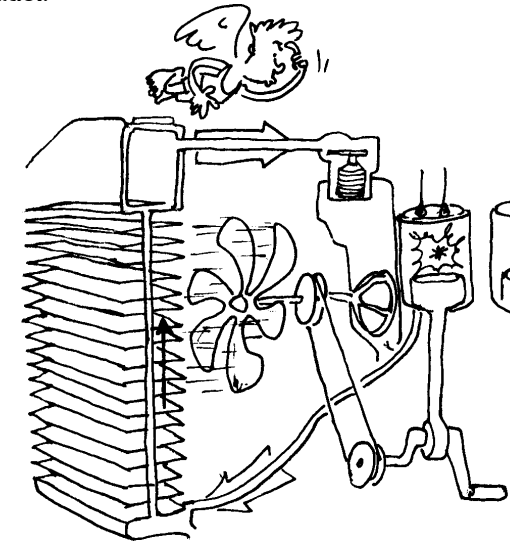
Essa ventilação forçada retira o calor das peças do motor e joga-o na atmosfera.



No sistema de refrigeração forçada de ar temos disponível uma grande massa de ar em contato com o carro em movimento.

Refrigeração a água

Nos motores refrigerados a água, os cilindros são permeados por canais através dos quais a água circula. Bombeada da parte inferior do radiador para dentro do bloco do motor, a água retira o calor dos cilindros e depois de aquecida (aproximadamente 80°C) volta para a parte superior do radiador.



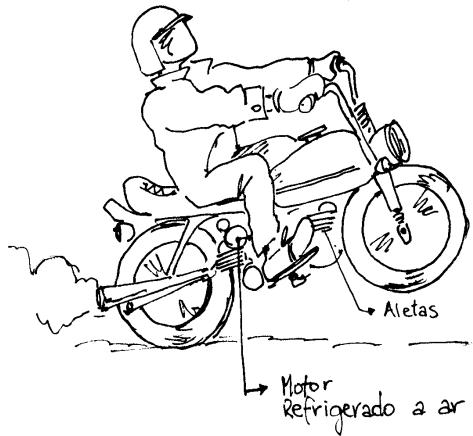
Ao circular pela serpentina do radiador (feito de cobre ou latão) com o carro em movimento, a água é resfriada, pois troca calor com o ar em contato com as partes externas do radiador. Ao chegar à parte de baixo, a água se encontra a uma temperatura bem mais baixa, podendo ser novamente bombeada para o bloco do motor.

Esse controle é feito por um termostato operado por diferença de temperatura, que se comporta como uma válvula: mantém-se fechada enquanto o motor está frio e se abre quando a água atinge uma temperatura alta, deixando-a fluir através de uma mangueira até a parte superior do radiador.

Os carros refrigerados a água dispõem também de uma ventoinha, acionada pelo motor do carro, que entra em funcionamento quando o veículo está em marcha lenta ou parado, ajudando na sua refrigeração.

É AS MOTOCICLETAS, COMO SÃO REFRIGERADAS?

As motos têm um sistema de refrigeração bastante simplificado e de fácil manutenção. Seu motor é externo e dispõe de aletas que aumentam a superfície de troca de calor com o ambiente, dispensando a ventoinha.



Nas motos e em alguns tipos de carro a refrigeração é de ventilação natural.

Em condicionadores de ar, o ar quente do ambiente circula entre as tubulações do aparelho, que retiram o seu calor e o devolvem resfriado ao ambiente. Desse modo, o local se resfria, mas a tubulação do lado de fora se aquece e, por sua vez, é resfriada à custa de uma outra substância. Geralmente, isso é feito pelo ar de fora do ambiente. Em alguns condicionadores utiliza-se a água para retirar o calor das tubulações aquecidas.

Eles são projetados para que a água seja aproveitada em efeitos decorativos, imitando cascatas, por exemplo, como se vê em lojas, jardins etc.

Conseguimos utilizar na refrigeração duas substâncias com calores específicos tão diferentes como o ar e a água empregando técnicas diversificadas. Entretanto, fica ainda uma questão:

POR QUE AS SUBSTÂNCIAS TÊM VALORES DE CALOR ESPECÍFICO TÃO DIFERENTES?

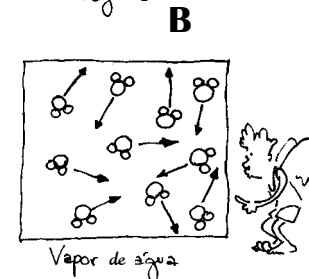
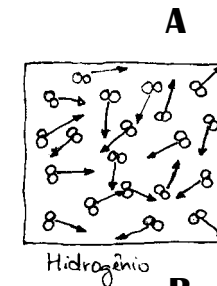
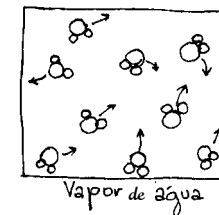
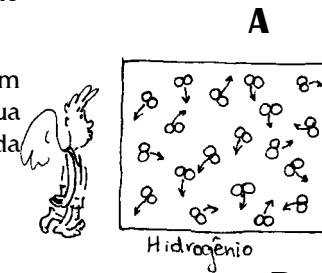
Para essa explicação temos de recorrer novamente à constituição dos materiais.

As substâncias diferentes são formadas por moléculas que têm massas diferentes. Um grama de uma substância constituída de moléculas de massa pequena conterà mais moléculas do que 1 grama de outra substância constituída de moléculas de massas maiores.

Quando uma substância atinge uma certa temperatura, imaginamos que todas as suas moléculas têm, em média, a mesma energia cinética: energia de movimento ou vibração.

Pensando dessa forma, para aumentar em 1°C a temperatura de 1 grama de uma substância que contenha mais moléculas, é necessário fornecer uma maior quantidade de calor, pois é preciso que ocorra um aumento de energia de cada uma das moléculas. Assim, para aumentar a temperatura da substância A da figura em 1°C temos de fornecer mais energia térmica do que para aumentar, também em 1°C, a temperatura da substância B.

Isso está de acordo com os resultados encontrados para o calor específico tabelados para essas substâncias. O calor específico da substância A é maior que o calor específico da substância B.



Técnicas de aquecimento: fornos domésticos

Tipo de forno	Fontes de calor	Localização da fonte e construção	Aquecimento do forno	Aquecimento do alimento	Controle de temperatura	Tempo de aquecimento
A lenha	Combustão da lenha	Queima sob os fornos de cozinha ou dentro dos fornos de pizzaria. Construído de paredes metálicas pretas, revestido de tijolos ou de cerâmica refratária.	As paredes se aquecem por irradiação e condução de calor. O interior do forno também é aquecido por convecção do ar, do vapor de água e dos vapores liberados pelos alimentos em seu interior.	Irradiação direta da fonte e das paredes do forno. O recipiente e o alimento são aquecidos por condução e também convecção, do ar e dos vapores no interior do forno.	Controla-se a temperatura do forno aumentando-se ou diminuindo-se a quantidade de lenha a ser queimada.	Cada alimento necessita de um tempo específico para se aquecer, dependendo do calor específico dos seus ingredientes e da sua quantidade (massa).
A gás	Combustão do gás. GLP: propano e butano (botijão) Natural: metano e etano (encanado)	Queimadores de gás ficam abaixo do compartimento do forno. Constituído de paredes metálicas pretas e revestido com material isolante. Lã de vidro ou poliuretano	Pelos mesmos processos do forno a lenha. As paredes se aquecem por irradiação e condução de calor. O interior do forno também é aquecido por convecção do ar, do vapor de água e dos vapores liberados pelos alimentos em seu interior.	Irradiação direta da fonte e das paredes do forno. O recipiente e o alimento são aquecidos por condução e também convecção, do ar e dos vapores no interior do forno.	Dispõe de regulador de temperatura que dimensiona a quantidade de gás queimada, dimensionando a intensidade da chama. Atinge cerca de 350°C.	O efeito desejado, assar, cozinhar ou dourar, requer maior ou menor temperatura, por um tempo maior ou menor.
Elétrico	Resistência elétrica	As resistências elétricas ficam dentro do compartimento e são visíveis. As paredes são metálicas e polidas. É revestido com material isolante.	A radiação emitida pelas resistências incide nas paredes polidas, sendo refletida sucessivas vezes, acumulando-se dessa forma, energia térmica no interior do forno. Parte da radiação é absorvida nas reflexões e aquece as paredes do forno.	Irradiação emitida diretamente pelas resistências e indiretamente pela reflexão sucessiva nas paredes no interior do forno. O recipiente e o alimento se aquecem por irradiação e por condução	Tem regulador de temperatura mais preciso, que pode funcionar com termostatos ou termopar, e dimensionar o número de resistências ligadas, ou simplesmente ligar e desligar as resistências elétricas. Atinge temperaturas maiores que as do forno a gás.	O efeito desejado, assar, cozinhar ou dourar, requer uma maior ou menor temperatura, por um tempo maior ou menor.
Microondas	Ondas eletromagnéticas geradas pelo magnetron com frequência de aproximadamente 2,45 GHz, específica para o aquecimento de água, açúcares e gorduras. Obs.: Em aplicações industriais podem ser utilizadas ainda 13,56 MHz, 27,12 MHz, 896 MHz	O magnetron, embutido e blindado no interior do forno, emite ondas eletromagnéticas de energia de microondas que são direcionadas por guias de onda para a cavidade do forno, onde ficam os alimentos. Ao chegar à cavidade (ressonante), as microondas são espalhadas por uma hélice giratória, de modo a preencher toda a cavidade. As paredes são metálicas, e às vezes esmaltadas.	O forno e demais objetos desprovidos de água não se aquecem. Entretanto, o acúmulo de energia eletromagnética na cavidade ressonante promove grandes diferenças de potenciais elétricos dentro do forno, por isso não se deve inserir objetos metálicos, que podem provocar faíscas e danificar o microondas.	A energia é absorvida indiretamente pelos alimentos, no alinhamento das moléculas polares, como as da água, com o campo elétrico variável das microondas. A frequência escolhida é a de ressonância de rotação das moléculas de água, promovendo o aumento de sua energia de vibração, com o conseqüente aumento da temperatura do alimento. Recipientes e demais moléculas desidratadas, como o amido, só se aquecem se estiverem em contato com alimentos que contêm água, e nesse caso se aquecem por condução. O microondas não deixa nenhum tipo de resíduo nos alimentos. Não modifica sua estrutura molecular nem os "contamina" com radiação eletromagnética.	Não há como controlar a temperatura no interior do forno, nem mesmo ter um controle preciso da temperatura que o alimento atingirá. Ainda assim, o controle do aquecimento promovido se faz pela escolha da potência (alta, média ou baixa) e do tempo de preparo do alimento. Durante o funcionamento ele requer um rigoroso controle de segurança e deve desligar automaticamente se a porta for aberta, caso contrário a água dos órgãos internos de alguém próximo seria aquecida!!!	O tempo de preparo e de aquecimento dos alimentos é fornecido pelo fabricante, no manual do equipamento. Para cada alimento deve-se programar a potência e o tempo, que também depende da quantidade de alimento (massa). O aquecimento é mais eficiente em alimentos que contêm bastante água.

—13—

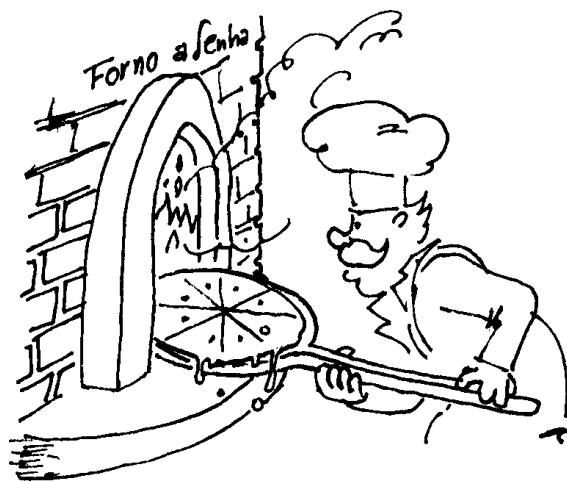
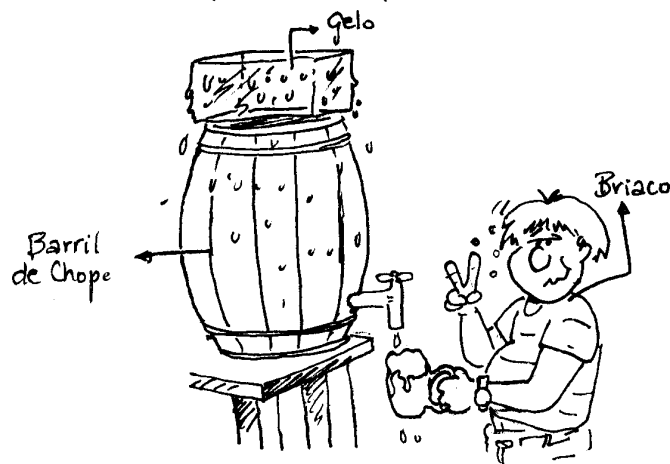
Calculando a energia térmica

Como varia a temperatura de um objeto que recebe calor?

Para controlar o aquecimento e resfriar objetos, máquinas ou ambientes, levamos em conta o calor específico.

Do que mais depende o aquecimento e o resfriamento?

A energia térmica necessária para variar a temperatura de sólidos, de líquidos... pode ser calculada.



A capacidade térmica

O calor específico de uma substância nos informa quantas calorias de energia precisamos para elevar em 1°C a temperatura de 1 grama dessa substância. Portanto, para quantificar a energia térmica consumida ao se aquecer ou resfriar um objeto, além do seu calor específico, temos de levar em conta a sua massa.

Consumimos maior quantidade de calor para levar à fervura a água destinada ao preparo do macarrão para dez convidados do que para duas pessoas. Se para a mesma chama do fogão gastamos mais tempo para ferver uma massa de água maior, significa que precisamos fornecer maior quantidade de calor para ferver essa quantidade de água.

Também para resfriar muitos refrigerantes precisamos de mais gelo do que para poucas garrafas.

Se pensarmos em como as substâncias são formadas, quando se aumenta sua massa, aumenta-se a quantidade de moléculas e temos de fornecer mais calor para fazer todas as moléculas vibrarem mais, ou seja, aumentar sua energia cinética, o que se traduz num aumento de temperatura.

Matematicamente, podemos expressar a relação entre o calor específico de um objeto de massa m e a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura de Δt °C, como:

$$c = \frac{Q}{m \times \Delta t} \quad \text{ou} \quad Q = m \times c \times \Delta t$$

O produto do calor específico de uma substância pela sua massa ($m \cdot c$) é conhecido como a sua **capacidade térmica** (C).

$$C = m \times c$$

Quando misturamos objetos a diferentes temperaturas, eles trocam calor entre si até que suas temperaturas se igualem, isto é, eles atingem o equilíbrio térmico.

Se não houver perda para o exterior (ou se ela for desprezível), consideramos o sistema isolado. Neste caso, a quantidade de calor cedida por um dos objetos é igual à recebida pelo outro. Matematicamente podemos expressar a relação entre a quantidades de calor como:

$$Q_{\text{cedido}} + Q_{\text{recebido}} = 0$$

Os motores de combustão dos carros necessitam de um sistema de refrigeração. Para que a refrigeração a ar ou a água tenham a mesma eficiência, as duas substâncias têm de retirar a mesma quantidade de calor do motor.

Exercícios:

13.1- Compare as quantidades de ar e de água necessárias para provocar a mesma refrigeração em um motor refrigerado a ar e em um a água.

Resolução:

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} \times \Delta t_{\text{água}}$$

$$Q_{\text{ar}} = m_{\text{ar}} \times c_{\text{ar}} \times \Delta t_{\text{ar}}$$

Supondo que a variação de temperatura da água e do ar seja a mesma, como : $Q_{\text{água}} = Q_{\text{ar}}$

$$m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} = m_{\text{ar}} \times c_{\text{ar}}$$

Ou seja, as capacidades térmicas do ar e da água são iguais.

$$\frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{ar}}} = \frac{c_{\text{ar}}}{c_{\text{água}}}$$

$$\frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{ar}}} = \frac{0,24}{1} \longrightarrow m_{\text{ar}} = \frac{1}{0,24} \times m_{\text{água}} = 4,2 \times m_{\text{água}}$$

- **Q é a quantidade de calor fornecida ou cedida medida em calorias (cal)**

- **m é a massa da substância medida em grama (g)**

- **Δt é a variação de temperatura medida em grau Celsius (°C)**

- **c é o calor específico da substância medido**

em $\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$

13.2- Uma dona-de-casa quer calcular a temperatura máxima de um forno que não possui medidor de temperatura. Como ela só dispõe de um termômetro clínico que mede até 41°C, usa um "truque".

- Coloca uma fôrma de alumínio de 400 gramas no forno ligado no máximo, por bastante tempo.

- Mergulha a fôrma quente num balde com 4 litros de água a 25°C.

- Mede a temperatura da água e da fôrma depois do equilíbrio térmico, encontrando um valor de 30°C.

Calcule a temperatura do forno avaliada pela dona-de-casa. Utilize a tabela de calor específico. Questione a eficiência desse truque.

Resolução:

O calor cedido pela fôrma é recebido pela água.

$$Q_{\text{fôrma}} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$m_{\text{fôrma}} = 400 \text{ g} \quad d = \frac{m}{V}$$

$$t_{\text{fôrma}} = ? \quad 1 = \frac{m}{4.000} \times \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$t_{\text{fôrma}} = 30 \text{ }^\circ\text{C} \quad m_{\text{água}} = 4.000 \text{ g}$$

$$c_{\text{alumínio}} = 0,21 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{água}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{água}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{fôrma}} + Q_{\text{água}} = 0$$

$$m_{\text{fôrma}} \times c_{\text{fôrma}} \times (t_f - t_i) + m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} \times (t_f - t_i) = 0$$

$$400 \times 0,21 \times (30 - t_{\text{fôrma}}) + 4.000 \times 1 \times (30 - 25) = 0$$

$$t_{\text{fôrma}} = \frac{20.000 + 2.520}{84} = 268 \text{ }^\circ\text{C}$$

A temperatura do forno é a mesma da fôrma.

A eficiência do truque é questionável quando se supõe que a fôrma atinge a temperatura máxima do forno e também quando desprezamos as perdas de calor para o exterior (balde, atmosfera).

13.3- Se você colocar no fogão duas panelas de mesma massa, uma de cobre e outra de alumínio, após alguns minutos qual delas estará com maior temperatura? Justifique sua resposta.

RESOLUÇÃO:

Consultando os dados apresentados na tabela 12.1, vemos que o calor específico para as duas substâncias é:

$$c_{\text{cu}} = 0,091 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{al}} = 0,21 \text{ cal/g }^\circ\text{C}$$

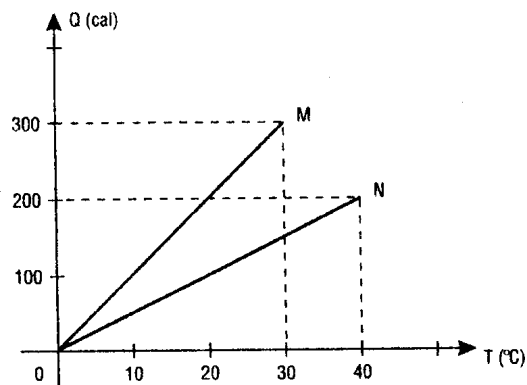
$$\text{Razão} = \frac{0,21}{0,091} = 2,3$$

Ou seja, o calor específico do alumínio é 2,3 vezes maior do que o do cobre.

Como $Q = m c \Delta t$, para a mesma quantidade de calor podemos afirmar, então, que a panela de cobre se aquece mais que a de alumínio, alcançando uma temperatura maior, uma vez que elas têm a mesma massa.

Teste seu vestibular...

13.4- (UECE) Este gráfico representa a quantidade de calor absorvida por dois corpos M e N, de massas iguais, em função da temperatura. A razão entre os calores específicos de M e N é:



- a) 0,5 b) 1,0 c) 2,0 d) 4,0

13.5- (UCMG) A capacidade térmica de um pedaço de metal de 100 g de massa é de 22 cal/°C. A capacidade térmica de outro pedaço do mesmo metal de 1000 g de massa é de:

- a) 2,2 cal/°C c) 220 cal/°C e) 1100 cal/°C
b) 400 cal/°C d) 22 cal/°C

13.6- (UFPR) Para aquecer 500 g de certa substância de 20°C a 70°C, foram necessárias 4 000 cal. O calor específico e a capacidade térmica dessa substância são, respectivamente:

- a) 0,08 cal/g.°C e 8 cal/°C d) 0,15 cal/g.°C e 95 cal/°C
b) 0,16 cal/g.°C e 80 cal/°C e) 0,12 cal/g.°C e 120 cal/°C
c) 0,09 cal/g.°C e 90 cal/°C

13.7- (Fuvest) Um recipiente de vidro de 500 g com calor específico de 0,20 cal/g°C contém 500 g de água cujo calor específico é 1,0 cal/g°C. O sistema encontra-se isolado e em equilíbrio térmico. Quando recebe uma certa quantidade de calor, o sistema tem sua temperatura elevada. Determine:

- a) a razão entre a quantidade de calor absorvida pela água e a recebida pelo vidro;
b) a quantidade de calor absorvida pelo sistema para uma elevação de 1,0°C em sua temperatura.

13.8- (Fuvest) A temperatura do corpo humano é de cerca de 36,5°C. Uma pessoa toma 1 litro de água a 10°C. Qual a energia absorvida pela água?

- a) 10 000 cal c) 36 500 cal e) 23 250 cal
b) 26 500 cal d) 46 500 cal

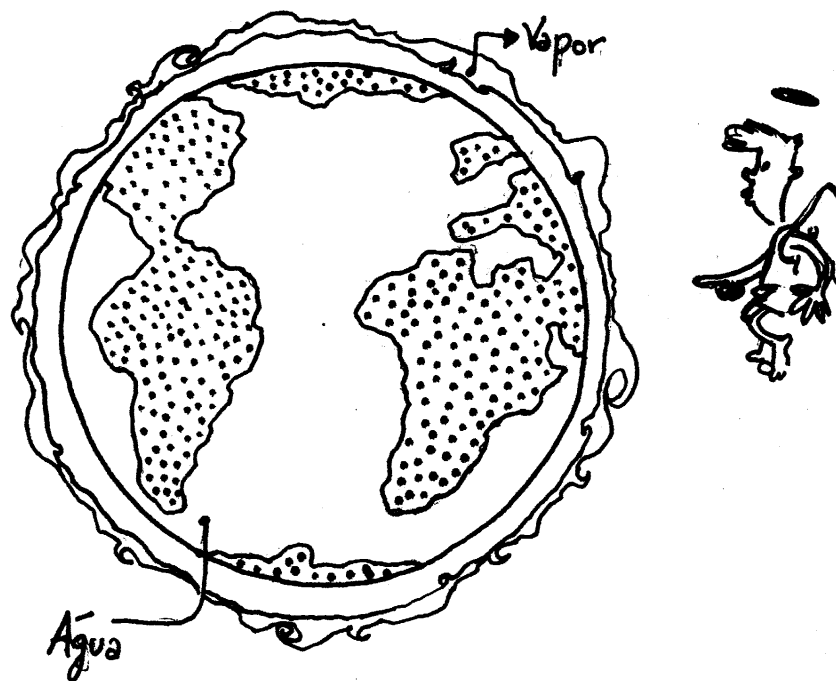
13.9- (UFCE) Dois corpos **A** e **B** estão inicialmente a uma mesma temperatura. Ambos recebem iguais quantidades de calor. Das alternativas abaixo, escolha a(s) correta(s).

01. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as capacidades térmicas dos dois são iguais.
02. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as suas massas são diretamente proporcionais aos seus calores específicos.
03. Se a variação de temperatura for a mesma para os dois corpos, podemos dizer que as suas massas são inversamente proporcionais aos seus calores específicos.
04. Se os calores específicos forem iguais, o corpo de menor massa sofrerá a maior variação de temperatura.

14

Terra: planeta água

Lagos, rios e mares.
Orvalho, neblina e
chuvas. Granizos e
geleiras. Estamos
falando de água.

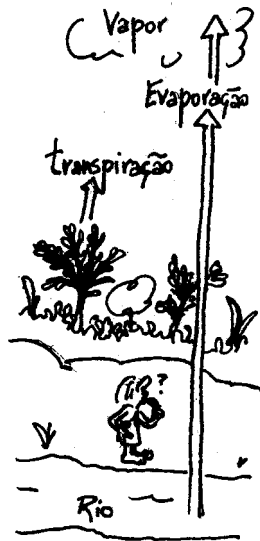


Habitamos um planeta com 70% de sua superfície cobertos de água.

Aqui, quase toda água (97,5%) é salgada: a água dos oceanos.

Grande parte da água doce se encontra em regiões pouco habitadas, nos pólos, na forma de gelo.

O restante da água doce aflora do subsolo, cortando as terras como rios e lagos e se acumulando na atmosfera como vapor.



A vida no nosso planeta teve início na água, que é o elemento que cobre 2/3 da sua superfície e é um dos principais componentes dos organismos vivos, vegetais ou animais.

Não podemos "imaginar" vida semelhante à da Terra em planetas sem água.

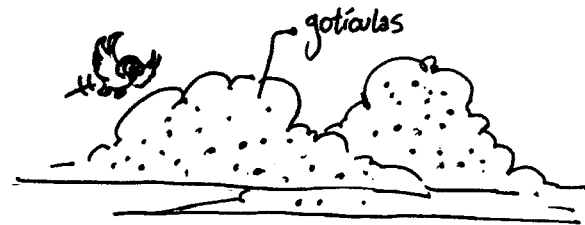
A água é a única substância que existe em grandes quantidades na natureza, nos estados líquido, sólido e gasoso. Está em contínuo movimento, constituindo um ciclo.

O ciclo da água

Das nascentes dos rios, geralmente localizadas nas regiões altas, a água desce cortando terras, desaguando em outros rios, até alcançar o mar.

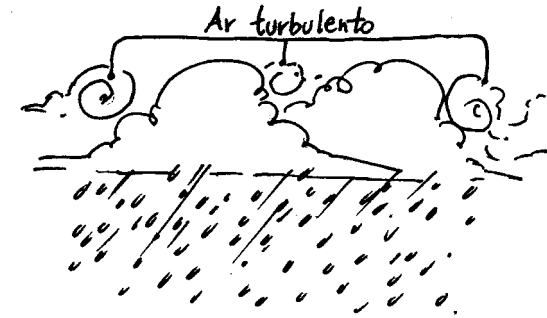
Grande quantidade de água dos rios e mares e da transpiração das plantas evapora, isto é, passa para o **estado de vapor** ao ser aquecida pelo sol e devido à ação dos ventos.

Transformada em vapor, a água se torna menos densa que o ar e sobe. Não percebemos o vapor de água na atmosfera nem as gotículas de água em que se transforma quando se resfria, na medida em que alcançam maiores alturas. Essas gotículas muito pequenas e distantes umas das outras (e que por isso não são visíveis) se agrupam e vão constituir as nuvens.

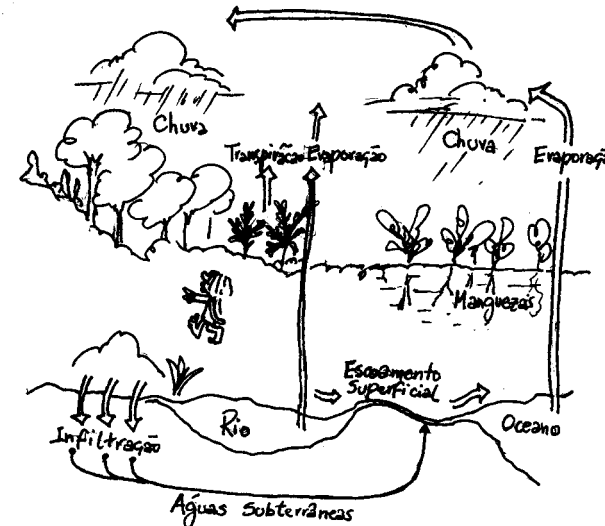


Para que uma nuvem formada por bilhões de gotículas precipite como chuva é necessário que as gotículas se aglutinem em gotas de água com cerca de 1 milhão de gotículas. Isso ocorre em situações específicas, como quando

a nuvem é envolta por ar em turbulência, que faz as gotículas colidirem entre si ou quando a temperatura da parte superior da nuvem atinge cerca de 0°C.



A chuva, ao cair, traz de volta ao solo a água, que pode passar por árvores, descer cachoeiras, correr rios e retornar para o mar. O ciclo da água está completo.



Para que esse ciclo não se interrompa é necessário que se mantenham as condições que propiciam a formação e a precipitação das nuvens.

Você pode simular a formação da chuva criando condições para que a água mude de estado.

Uma gota de água do mar evaporou. Subiu, subiu, até encontrar uma nuvem. Caiu como chuva. Molhou plantas e solo. Percorreu rios. E... voltou para o mar.

As mudanças de estado

No ciclo da água ocorrem mudanças de estado. A água no estado líquido, ao sofrer um aquecimento ou devido à ação do vento, evapora. A **evaporação** é a passagem lenta de um líquido para vapor, isto é, uma vaporização lenta. Ela ocorre em diversas temperaturas, sempre retirando calor do ambiente. O vapor de água, que é menos denso que o ar, sobe, por convecção, ficando sujeito a novas condições de pressão e temperatura.

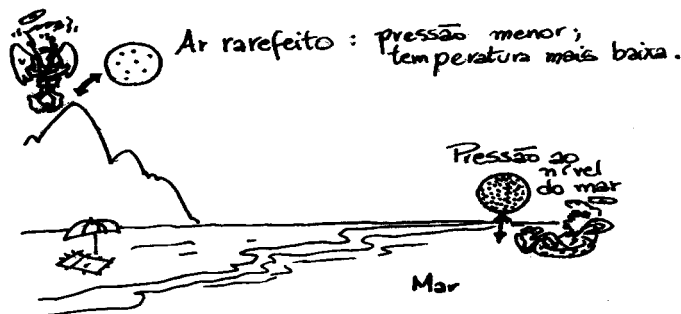
A **pressão atmosférica**, pressão da coluna de ar acima do local, diminui na medida em que nos afastamos da superfície. Isso acontece porque a coluna de ar acima vai diminuindo. Além disso, o ar se torna mais rarefeito (menos moléculas de ar por unidade de volume) na medida em que a altitude aumenta.

Esses fatores, ar rarefeito e diminuição da pressão atmosférica, fazem com que a temperatura caia. Temos então condições para que o vapor de água mude novamente de estado. Ele se resfria e se condensa, formando gotículas.

A **condensação** é a passagem do estado de vapor para o líquido, que ocorre com perda de calor. O vapor de água cede calor para o ambiente.

Sempre que uma substância muda de estado há troca de calor com o ambiente. Essa quantidade de calor necessária para que ocorra uma mudança de estado é chamada de **calor latente**.

O **calor latente de vaporização** é, no caso da evaporação, o calor recebido do meio ambiente e, no caso da condensação, o calor cedido para o ambiente.



Fazendo chuva

- Coloque um pouco de água em um recipiente de vidro e amarre um pedaço de bexiga na boca dele. Marque o nível da água antes de começar o experimento. O que você observa após algum tempo?

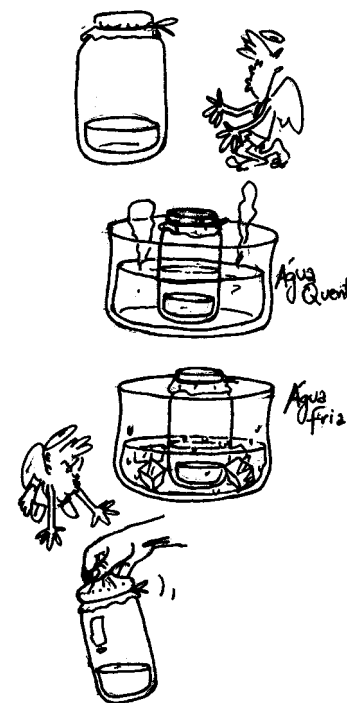
- Coloque o frasco por aproximadamente 1 minuto em água quente e observe. Em seguida em água fria, com algumas pedras de gelo, por algum tempo. Observe o que aconteceu.

- Quanto mais vapor houver dentro do frasco, maior será a umidade relativa do ar. Você acha que a variação de temperatura influi na umidade relativa do ar? Como? O aquecimento e o resfriamento favorecem os processos de mudança de estado? Como?

- Para variar a pressão sobre o ar no interior do frasco, coloque água em temperatura ambiente e tampe-o novamente com a bexiga, aguardando cerca de 5 minutos. Como a condensação do vapor de água ocorre sobre partículas em suspensão, abra o frasco, coloque fumaça de um fósforo recém apagado no seu interior e feche-o rapidamente. Isso vai facilitar a visualização das gotículas.

- Provoque variações de pressão no frasco puxando e empurrando a tampa elástica. Repita isso várias vezes e observe. Ocorreu condensação ao puxar ou ao empurrar a tampa elástica? O que aconteceu com a pressão nas duas situações? Em que condições ocorre condensação? Devemos esperar que chova quando ocorre aumento ou diminuição da pressão atmosférica?

A diminuição de pressão provoca aumento da evaporação da água. Com a evaporação ocorre diminuição da temperatura do ar e conseqüentemente condensação do vapor de água. A "nuvem" que você observou resultou de um abaixamento de temperatura provocado pela evaporação da água.



Chove muito ou chove pouco?

Nas regiões de serra próximas ao mar encontram-se matas fechadas e formações rochosas que propiciam ambientes úmidos.

Com escarpas de mais de 1.000 m de altura a serra do Mar funciona como barreira para os ventos que sopram do oceano, fazendo com que as massas de ar úmido subam e formem nuvens.



Essas nuvens se precipitam como chuvas orográficas (provocadas pelo relevo). Parte da água da chuva fica retida nas plantas e no solo e é evaporada em grandes quantidades, caracterizando essas regiões como chuvosas.

Na serra do Mar, geralmente chove a cada dois ou três dias, o que fornece um índice pluviométrico (medida da quantidade de chuva) de 4.000 milímetros de água por ano, enquanto na cidade de São Paulo esse índice é de cerca de 1.400 milímetros.

Nessas condições é comum a presença de serração, pois devido à umidade da região a quantidade de vapor na atmosfera é muito grande, e na presença de ar mais frio se condensa em gotículas que constituem a neblina.

Orvalho, nevoeiro, neve e granizo. Ciclo da água?

O orvalho vem caindo.

Vai molhar o meu chapéu.

Será que Noel Rosa e Kid Pepe viram o orvalho cair? Será que o orvalho cai? Como e quando ele aparece?

O orvalho, parte do ciclo da água, só ocorre em condições especiais. O ar, o solo e as plantas aquecidos durante o dia pela radiação solar se resfriam à noite diferentemente, pois seus calores específicos são diferentes.

Durante o dia, o solo e as plantas se aquecem mais que o ar, e também se resfriam mais durante a noite. Quando a temperatura das folhas das plantas, da superfície de objetos, está mais baixa que a do ar, pode haver formação de orvalho. O vapor de água contido na atmosfera se condensa ao entrar em contato com as superfícies mais frias.

Portanto, o orvalho não cai, ele se forma nas folhas, solo e objetos quando sua temperatura atinge o ponto de orvalho.

Ponto de orvalho é a temperatura em que o vapor de água está saturado e começa a se condensar. Em noites de vento, o orvalho não se forma porque a troca de calor com o meio é acentuada, impedindo o ponto de orvalho no solo.

Nevoeiro e neve

O nevoeiro consiste na presença de gotículas de água na atmosfera próximo à superfície terrestre. Quando a atmosfera é resfriada, por contato com o ar mais frio, por exemplo, o vapor de água se condensa, formando gotículas. Se as gotículas aumentam de tamanho, o nevoeiro se transforma em garoa ou chuva.

Em regiões onde a temperatura do ar frio é muito baixa, o vapor de água pode se transformar em cristais de gelo, caindo em flocos e constituindo a neve.

A passagem do estado de vapor para sólido é chamada de sublimação.

Chuva de granizo

O granizo se forma em nuvens a grandes altitudes. As gotas de água se tornam tão frias que sua temperatura fica mais baixa que o ponto de congelamento (0°C). Quando essas gotas de água interagem com partículas de poeira ou fumaça, congelam e se precipitam como pedras de gelo.

Atividade: o orvalho e a geada

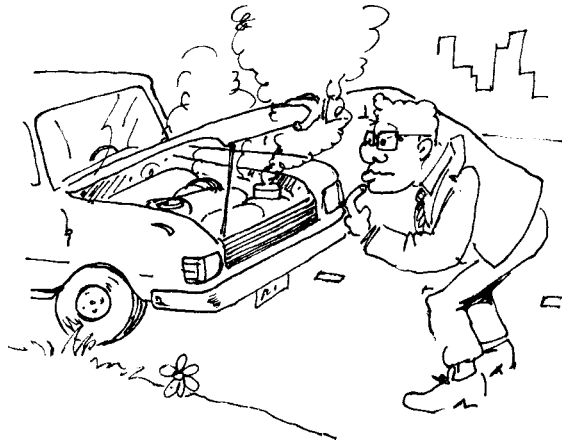
Utilize três recipientes iguais, um contendo água da torneira, outro contendo gelo e outro com gelo e sal de cozinha. Relacione a sua observação com as informações do texto acima. Elabore um modelo físico que relacione o que você observou e os fenômenos do orvalho e da geada.

O que ocorre do lado de fora dos recipientes? Como você explica essas diferenças? Use um termômetro para medir a temperatura dentro de cada recipiente. Pesquise quais as conseqüências que uma geada pode trazer à lavoura. Para proteger a plantação da geada, o agricultor promove a queima de serragem, que produz fumaça sobre a lavoura. Explique de que serve isso.

—15—

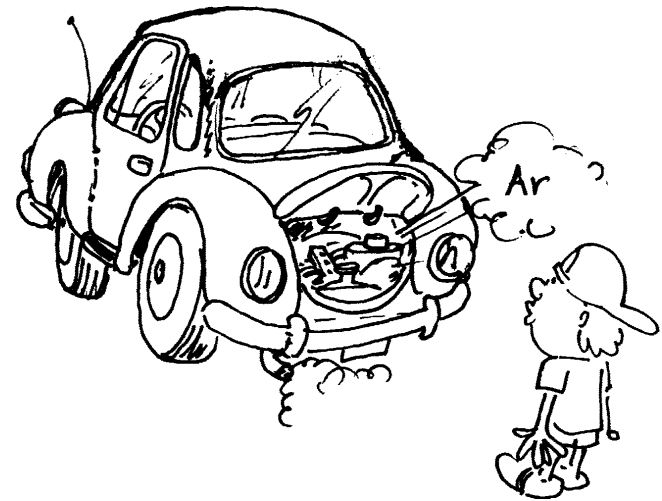
Os materiais e as técnicas

"Fundiu" o motor?
"Queimou" a lâmpada?
"Derreteu" o gelo?
É de ferro fundido?
Mudou de estado?



São necessários cuidados de manutenção na refrigeração e lubrificação para evitar que o carro "ferva" e que o motor funda.

Na fabricação de blocos de motor, de carrocerias de caminhão e de painelas, é necessário que o ferro, o aço e o alumínio estejam derretidos para ser moldados.



Estamos falando de mudança de estado.

15 Os materiais e as técnicas



O que é a chama?

Quando se acende o pavio de uma vela, a parafina (mistura de hidrocarbonetos) próxima a ele se liquefaz e depois se vaporiza. O gás sobe por convecção e reage com o oxigênio do ar, produzindo água e gás carbônico com liberação de energia térmica e luminosa. É isso que constitui a chama.

Nas mudanças de estado sempre ocorrem trocas de calor

No nosso dia-a-dia transformamos água em vapor ao cozinhar e água em gelo em nossa geladeira. A água é uma das raras substâncias que são encontradas na natureza nos três estados físicos: como vapor na atmosfera, líquido nos rios e mares e sólido nas geleiras.

Embora qualquer substância possa ser sólida, líquida ou gasosa, produzir uma mudança de estado em algumas delas não é uma tarefa simples como acontece com a água. Sendo assim, temos de empregar técnicas específicas, como as utilizadas para obter o gás hélio, que só se condensa a baixas temperaturas (-269°C), e mesmo a baixíssimas temperaturas só se solidifica com alterações de pressão.

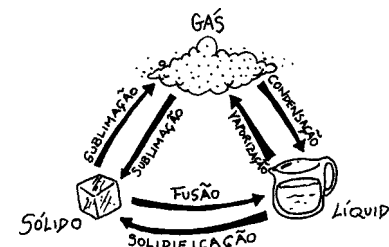
Algumas técnicas como a **fundição**, que consiste no derretimento dos metais para serem moldados, são empregadas com sucesso há bastante tempo e vêm sofrendo atualizações. O ferro e o cobre deixam de ser sólidos, isto é se fundem, a temperaturas de cerca de 1500°C, que são conseguidas em fornos metalúrgicos.

Da mesma maneira que a fusão dos metais é essencial na fabricação de peças de automóveis, carrocerias de caminhão, ferrovias, eletrodomésticos etc., a vaporização da água é o processo físico que garante o funcionamento de uma usina termelétrica. A água aquecida na caldeira vaporiza, e o vapor a alta temperatura e pressão move as pás de uma turbina que gera energia elétrica.

Numa ação corriqueira como a de acender uma vela, produzimos duas mudanças de estado: a fusão e a vaporização da parafina.

No entanto, nem sempre a mudança de estado é desejável. Não queremos, por exemplo, que as lâmpadas de nossa casa se "queimem". O filamento das lâmpadas incandescentes é de tungstênio, que funde à temperatura de 3380°C. Se essa temperatura for atingida pelo filamento, ele se rompe ao fundir, interrompendo o circuito. Também tomamos cuidado com a lubrificação e a refrigeração do motor de nossos carros, evitando assim que o motor funda.

Na fusão (passagem de sólido para líquido) e na vaporização (passagem de líquido para vapor) sempre fornecemos calor às substâncias. Na solidificação (passagem de líquido para sólido) e na condensação (passagem de gás para líquido) sempre retiramos calor das substâncias.



A temperatura em que cada substância muda de estado é uma propriedade característica da substância.

A quantidade de calor necessária para que 1 grama de substância mude de estado é o seu **calor latente**, que também é uma propriedade característica.

Os valores da temperatura de mudança de estado e do calor latente respectivo definem o seu uso na indústria. A tabela 15.1 fornece os pontos de fusão e de ebulição e também o calor latente de fusão e de vaporização de algumas substâncias à pressão atmosférica.

Substância	Fusão		Ebulição	
	T(°C)	L _f (cal/g)	T(°C)	L _v (cal/g)
tungstênio	3380	-	6000	-
ferro	1535	64,4	2800	1515
cobre	1038	51	2582	1290
ouro	1063	15,8	2660	377
zinco	419	28,13	906	-
chumbo	327	5,5	1750	208
estanho	232	14	-	721
enxofre	119	9,1	445	78
água	0	79,71	100	539,6
mercúrio	-39	2,82	356,5	68
metanol	-97	16,4	64,7	262,8
etanol	-114,4	24,9	78,3	204
éter	-116	-	35	89
nitrogênio	-210	6,09	-195,5	47,6
oxigênio	-219	3,3	-182,9	50,9
hidrogênio	-259	13,8	-252,8	108
freon	-	-	-29	38
hélio	-	-	-269	6

Tabela 15.1 - Ponto de fusão e de ebulição das substâncias e os respectivos valores de calor latente

Você pode identificar a temperatura de fusão e de ebulição de uma substância e interpretar o significado do calor latente medindo sua temperatura enquanto lhe fornece calor, até que ela mude de estado.

Derretendo o gelo até ferver!

- Coloque alguns cubos de gelo em uma vasilha que possa depois ser levada à chama de um fogão e deixe-os derreter, medindo a temperatura antes e enquanto os cubos derretem. Não se esqueça de mexer de vez em quando, para manter o equilíbrio térmico.



- Você vai observar que desde o momento em que o gelo começa a derreter até que ele se transforme totalmente no estado líquido, o termômetro marca a mesma temperatura. Anote esse valor.

Mas se o sistema água e gelo continua trocando calor com o ambiente, por que a temperatura não variou?



- Depois da fusão de todo o gelo você vai perceber que o termômetro indica temperaturas mais elevadas. A água está esquentando.

- Coloque a água para aquecer sobre a chama de um fogão. A partir do momento em que a água entra em ebulição, o termômetro se mantém no mesmo nível enquanto houver água na vasilha. Anote essa temperatura.

Por que enquanto a água se transforma em vapor a temperatura não muda, embora ela receba calor?

Você pode ter encontrado um valor diferente de 100°C durante a ebulição da água, pois essa é a temperatura de ebulição quando a pressão é de 1 atmosfera, isto é, ao nível do mar.

Explicar por que a temperatura se mantém constante durante a mudança de estado, entretanto, é mais complexo. Temos de recorrer novamente ao **modelo cinético de matéria**.

Quando se aquece um material sólido, a sua rede cristalina se mantém com as moléculas vibrando mais, ou seja, com maior energia cinética. Se o aquecimento continua, a velocidade das moléculas faz com que elas se afastem a ponto de romper a rede cristalina, o que ocorre na temperatura de fusão do material.

Todo o calor recebido pela substância é utilizado para romper a rede cristalina, por isso ela não tem sua temperatura aumentada. Esse é o **calor latente de fusão**.

Para fundir um objeto de massa m que está à temperatura de fusão, temos de fornecer a ele uma quantidade de calor $Q = mL_f$ onde L_f é o calor latente de fusão.

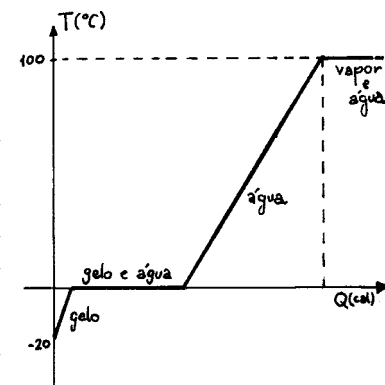
Na ebulição as moléculas do líquido, ao receberem calor, adquirem maior energia cinética e se separam quando atingem a temperatura de ebulição, transformando-se em gás. O **calor latente de vaporização (L_v)** é o calor utilizado para separar as moléculas.

Para vaporizar uma substância de massa m que se encontra na temperatura de vaporização é necessário fornecer-lhe uma quantidade de calor $Q = mL_v$.

Na mudança de estado em sentido contrário, o líquido cede calor ao ambiente (é resfriado) para reorganizar suas moléculas numa rede, tornando-se sólido. Este **processo** é chamado de **solidificação**.

O gás cede calor ao ambiente (é resfriado) para aproximar suas moléculas, liquefazendo-se. Neste caso, o **processo** é chamado de **condensação**.

É possível representar graficamente o aquecimento do gelo até sua vaporização

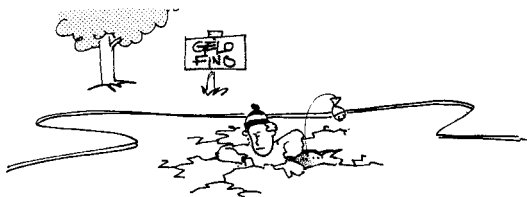


Calcule a quantidade de calor necessária para vaporizar 200 g de gelo que está a -20°C. Utilize os dados das tabelas 12.1 e 15.1.

Durante qualquer mudança de estado a temperatura da substância se mantém constante

Um lago gelado

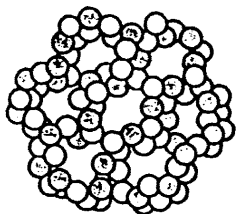
Nos países de inverno rigoroso a superfície de rios e lagos congela.



Abaixo do gelo, entretanto, a água permanece no estado líquido, o que garante a sobrevivência dos peixes. Esse fenômeno está relacionado com um comportamento anômalo da água entre 4°C e o seu ponto de fusão (0°C).

Normalmente as substâncias se dilatam na medida em que recebem calor. A água entretanto se dilata quando **perde calor entre 4°C e 0°C**, isto é, ela se torna menos densa. É por isso que o gelo flutua na água.

As águas da superfície de rios e lagos em contato com o ar frio, nos países de inverno rigoroso, congelam. As moléculas de água, ao formarem a rede cristalina na solidificação (0°C), ficam distantes umas das outras, ocupando um volume maior.



Como as camadas inferiores de água não entraram em contato com o ar frio, elas se mantêm à temperatura de 4°C, por isso são mais densas que o gelo; suas moléculas não sobem, ficam isoladas abaixo do gelo superficial, permanecendo no estado líquido.

É também devido ao fato de o gelo ser menos denso que a água que os *icebergs* flutuam. Além disso, temos de lembrar que essas enormes montanhas de gelo são provenientes dos continentes, arrastadas para o mar no verão (época do degelo), e são constituídas de água doce.

Os *icebergs* flutuam no mar de água salgada (mais densa que a água doce) com 90% do seu volume submerso.

Vidro: líquido ou sólido?

O vidro é fabricado a partir de materiais fundidos de tal modo que não se cristalizam, permanecendo num estado amorfo. É um líquido de viscosidade tão grande que na prática se comporta como um sólido.

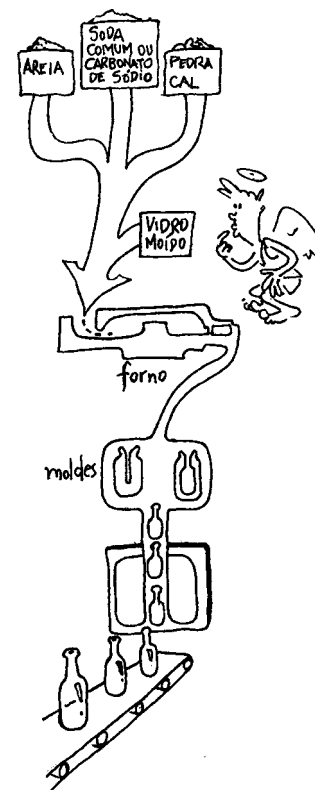
A sílica ou quartzo (SiO_2) é uma das raras substâncias que se esfriam depois de fundidas sem formar a rede cristalina. A sílica pura, que se obtém da areia, entretanto é difícil de ser manipulada, porque sua viscosidade é muito elevada e também o seu ponto de fusão bastante alto (1.723°C).

Para baratear o vidro, junta-se soda à sílica, o que diminui o ponto de fusão, e cal (carbonato de cálcio), para tornar o produto insolúvel. Outras substâncias, como óxidos de magnésio, são misturadas para dar ao produto a cor branca. Vidros especiais como o Pirex, que suportam mudanças bruscas de temperatura, têm como ingrediente o ácido bórico, que dá ao produto uma baixa dilatação térmica.

Quanto à técnica de fabricação, o vidro pode ser moldado, laminado e soprado. Na técnica de modelagem a matéria-prima é fundida, colocada em moldes e sofre a injeção de ar comprimido, que depois é extraído: as peças moldadas são recozidas, isto é, aquecidas novamente em fornos especiais para ser resfriadas lentamente, para evitar que se quebrem facilmente. As garrafas e vidros são fabricados por esse processo.

No vidro laminado, a mistura fundida passa entre grandes rolos e é deixada para esfriar, podendo depois ser polida. São os vidros de janelas ou espelhos.

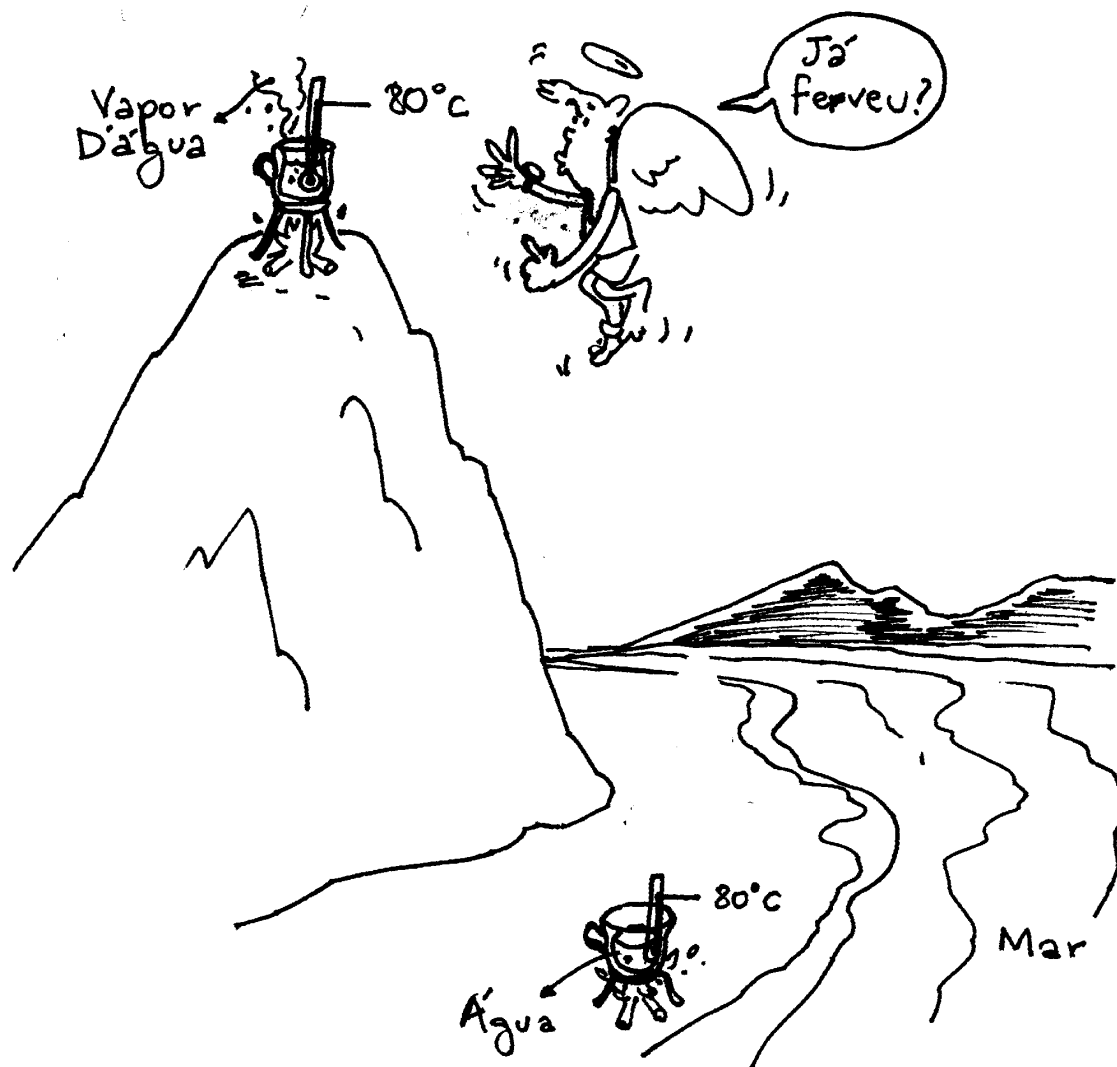
Já a técnica de soprar se constitui numa arte. O artesão sopra uma quantidade de vidro em fusão por um tubo. Forma-se uma bolha à qual ele vai dando forma usando ferramentas especiais. São objetos artísticos como licoreiras, cálices, bibelôs.



—16—

Mudanças sob pressão

Aumentou a pressão?
O vapor está saturado?
A água só ferve a
 100°C ?
Vai mudar de estado?



Em que condição o feijão cozinha
em menos tempo?

16 Mudanças sob pressão

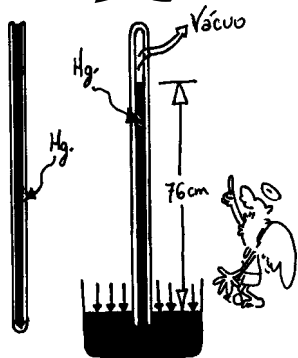


Tabela 16.1

Altitude (m)	Pressão (cm Hg)
0	76
500	72
1000	67
2000	60
3000	53
4000	47
5000	41
6000	36
7000	31
8000	27
9000	24
10000	21

Quando apresentamos a escala Celsius, atribuímos o valor 100°C à temperatura da água em ebulição.

PORÉM, SERÁ QUE A ÁGUA SEMPRE FERVE À MESMA TEMPERATURA? HÁ ALGUM FATOR QUE ALTERE ISSO?

A água só ferve a 100°C ao nível do mar, devido à pressão atmosférica que varia conforme a altitude.

A pressão atmosférica é devida ao ar, que exerce seu peso em toda a superfície da Terra. A pressão é resultante de uma força exercida por unidade de área.

$$P = \frac{F}{A}$$

No Sistema Internacional (SI) a pressão é expressa em N/m²

Ao nível do mar a pressão atmosférica assume seu valor máximo, pois a espessura da camada de ar é a maior possível (a pressão atmosférica é de 1 atmosfera). Nesse nível, a pressão do ar equilibra uma coluna de mercúrio de 76 cm contido num tubo; isso foi concluído pelo físico Torricelli.

76 cm de mercúrio equivalem à pressão de 1 atmosfera. Quanto maior for a altitude, menor será a pressão.

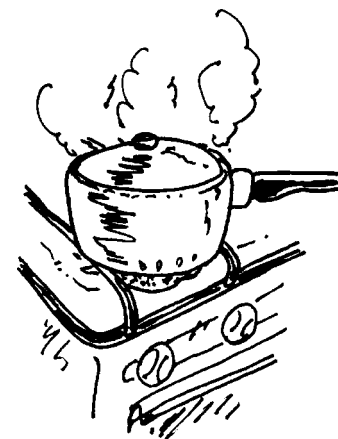
$$1 \text{ atmosfera} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

MAS SERÁ QUE A ALTERAÇÃO DE PRESSÃO INTERFERE NA EBULIÇÃO OU NA CONDENSAÇÃO DE UMA SUBSTÂNCIA?

Se alterarmos a pressão, a ebulição da água não ocorrerá à temperatura de 100°C. É o que acontece numa panela de pressão que cozinha os alimentos a pressões mais altas que 1 atmosfera; isso faz com que a água só entre em ebulição a temperaturas de cerca de 120°C.

Numa panela comum os alimentos cozidos em água atingem no máximo a temperatura de 100°C. Quando queremos preparar um doce ou aquecer uma comida que não deve atingir altas temperaturas, o fazemos em banho-maria.

Sendo cozido a temperaturas mais altas, numa panela de pressão, por exemplo, o alimento fica pronto em menos tempo.



E SE DIMINUÍRMOS A PRESSÃO, A ÁGUA VAI ENTRAR EM EBULIÇÃO A TEMPERATURAS MENORES QUE 100°C?

Para conseguirmos pressões menores que 1 atmosfera, basta estarmos em regiões de grandes altitudes. Numa montanha de 6.000 metros de altura, por exemplo, a pressão atmosférica é de 1/2 atmosfera, e a água entraria em ebulição a 80°C.

A tabela 16.2 nos dá alguns valores da temperatura de ebulição da água a diferentes pressões.

Tabela 16.2

Temperatura de ebulição da água a diferentes pressões

P (atm)	P (mmHg)	T (°C)
$6,05 \times 10^{-3}$	4,6	0
$22,37 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^1$	20
$72,37 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^1$	40
$197,37 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^2$	60
0,474	$3,6 \times 10^2$	80
1	$7,6 \times 10^2$	100
2	$15,2 \times 10^2$	120
5	$38,0 \times 10^2$	152
10	76×10^2	180
20	$15,2 \times 10^3$	213
40	$30,4 \times 10^3$	251
60	$45,6 \times 10^3$	276

O MONTE ACONCÁGUA, NOS ANDES, ESTÁ A APROXIMADAMENTE 7.000 M DE ALTITUDE, O EVEREST, NO HIMALAIA, A 8.000 M, E O PICO DA NEBLINA, O MAIS ALTO DO BRASIL, A 3.000 M. CONSULTE AS TABELAS E DESCUBRA O VALOR DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA NO TOPO DE CADA PICO. FAÇA UMA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE EBULIÇÃO DA ÁGUA NESSES PICOS. RELACIONE-OS EM ORDEM DECRESCENTE DE TEMPERATURA DE EBULIÇÃO.

Fervendo sob pressão

O que acontece com a temperatura de ebulição da água se a pressão exercida for diferente da pressão atmosférica normal?

Para examinar os efeitos da pressão sobre a ebulição da água, utilize uma fonte de calor, um balão de vidro Pyrex contendo 1/4 de seu volume de água e uma rolha com termômetro (até 110°C). Para começar, você pode conhecer a temperatura de ebulição da água sob pressão normal. Para isso, aqueça o sistema, que deve estar aberto e com o termômetro. Qual é a temperatura?



Agora, o que você acha que aconteceria com a água se você fechasse a tampa do balão e mantivesse o aquecimento? Cuidado, isso é muito perigoso, portanto NÃO FAÇA. Você acha que a ebulição continuaria? O que aconteceria com a temperatura?



Com certeza, a pressão sobre a água teria aumentado muito, impedindo a ebulição. Seria necessário aquecer mais para provocar nova ebulição nessas condições, o que ocorreria em temperaturas maiores que a encontrada anteriormente.

Se você deixasse sair o vapor e fechasse novamente o balão, poderia provocar agora um efeito contrário.

Mantendo o balão suspenso, esfregue pedras de gelo na sua parte superior, diminuindo a temperatura e portanto a pressão do gás sobre o líquido. Isso você pode fazer, não há perigo.



Ela volta a ferver? A que temperatura? Repetindo outras vezes esse resfriamento, qual a menor temperatura de ebulição obtida?

Nesse experimento, qual situação é semelhante à que ocorre numa panela de pressão? E qual é semelhante à que ocorre em grandes altitudes?

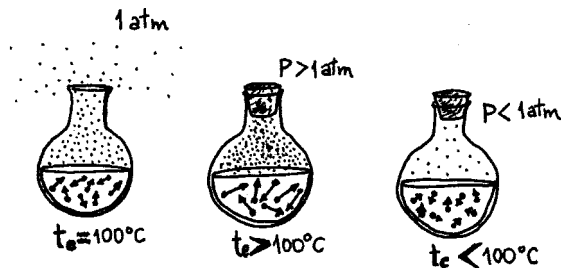
Por que sob pressões diferentes a água ferve a temperaturas diferentes?

Para respondermos a essa pergunta devemos levar em conta o que ocorre com as moléculas de água e com as de ar.

Na ebulição, as moléculas de água possuem energia cinética suficiente para escapar pela superfície do líquido e passar para o estado gasoso, na forma de vapor de água.

Por outro lado, a pressão atmosférica exercida na superfície do líquido é devida ao grande número de moléculas de ar que se chocam com ela.

A temperatura de ebulição de 100°C corresponde a uma energia cinética das moléculas de água suficiente para elas escaparem pela superfície, apesar da pressão de 1 atmosfera exercida pelo ar.



Quando se aumenta a pressão do ar sobre a água, as moléculas de água necessitam de maior energia cinética para vencer a pressão externa. Nesse caso, a temperatura de ebulição será maior que 100°C.

Quando se diminui a pressão sobre o líquido, fica facilitado o escape das moléculas de água do estado líquido para o gasoso; mesmo moléculas dotadas de menor energia cinética conseguem escapar da superfície, o que caracteriza uma temperatura de ebulição menor que 100°C.

Exercícios:

1) Determine as pressões no interior de uma panela comum e no de uma panela de pressão com água fervente. A massa da tampa da panela comum e da válvula da panela de pressão é de 100 g. O diâmetro interno do pino da panela de pressão é de 0,2 cm e o da panela comum é de 20 cm.

Resolução:

Como $P_{\text{interna}} = P_{\text{atmosférica}} + P_{\text{vapor}}$

Na panela comum:

$$R = 10 \times 10^{-2} = 10^{-1}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{tampa}} \times g}{\pi \times r_{\text{tampa}}^2} = \frac{1 \times 10^{-1} \times 10}{\pi \times (1 \times 10^{-1})^2}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{1}{3,14 \times 1 \times 10^{-2}} \approx 33 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Assim:

$$P_{\text{interna}} = (1 \times 10^5 + 33) \approx 1 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Na panela de pressão:

$$R = 0,1 \text{ cm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{F}{A} = \frac{m_{\text{válvula}} \times g}{\pi \times r_{\text{pino}}^2} = \frac{1 \times 10^{-1} \times 10}{3,1 \times (1 \times 10^{-3})^2}$$

$$P_{\text{vapor}} = \frac{1}{3 \times 10^{-6}} = 3,3 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Assim:

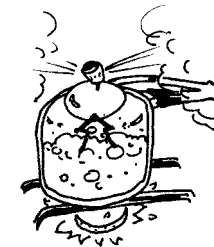
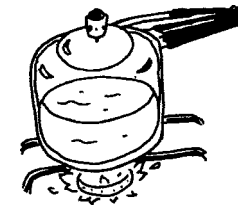
$$P_{\text{interna}} = 1 \times 10^5 + 3,3 \times 10^5 = 4,3 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{int}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{vapor}}$$

P_{int} = pressão no interior da panela.

P_{atm} = pressão atmosférica.

P_{vapor} = pressão do vapor de água.



Note que na panela de pressão a pressão interna é em torno de quatro vezes maior do que a de uma panela comum

—17—

O mais frio dos frios

Pode-se aquecer ou
resfriar uma substância
indefinidamente?
Como se medem
temperaturas muito
baixas?



Experiências sofisticadas de laboratório, em que se resfriam gases como o hidrogênio, nitrogênio ou hélio, apontam para o menor valor de temperatura possível e que não pode ser atingido na prática.

Essa temperatura é chamada de zero absoluto e define uma nova escala de temperatura.

Para estudar os gases precisamos utilizar essa nova escala de temperatura, a Escala Kelvin.

Para medir e controlar temperaturas utilizamos em nossos estudos as propriedades das substâncias de emitir luz e se dilatar quando aquecidas, "construindo" pirômetros ópticos, termostatos e termômetros de mercúrio ou de álcool. Esses termômetros entretanto não são capazes de avaliar temperaturas muito baixas, pois essas substâncias termométricas também congelam a uma certa temperatura.

Medidas de temperatura muito baixas podem ser realizadas com algumas substâncias no estado gasoso. Nesse estado, para que o gás fique bem caracterizado, é preciso conhecer a que pressão ele está submetido, o seu volume e sua temperatura.

Na escala Celsius as medidas de temperatura são relativas, pois têm os pontos de fusão do gelo e de ebulição da água como referências. O zero grau Celsius, por exemplo, não significa um valor zero absoluto, e sim que a substância se encontra à temperatura de fusão do gelo. Tanto a escala Celsius como a Fahrenheit só são úteis quando queremos trabalhar com variações de temperatura.

No caso dos gases, os manômetros medem pressões com uma escala que se inicia no ponto zero, com um significado físico de pressão zero, e o volume (m^3) também é tomado a partir de um volume zero.

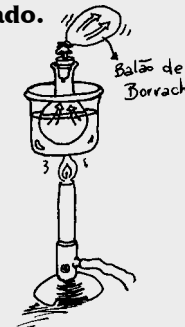
Assim, como não tem significado físico uma pressão ou volume negativos, a temperatura absoluta de um gás também não pode ser menor do que zero. Foi preciso, então, encontrar uma escala à qual se atribuisse a temperatura mais baixa possível, o ponto zero.

Os gases, por se dilatarem mais do que os líquidos e sólidos, se mostraram uma boa substância termométrica para ser usada num "medidor" de temperatura absoluta. Além disso, a uma alta temperatura e baixa pressão todos os gases se comportam da mesma maneira, e o seu coeficiente de dilatação nessas condições é sempre o mesmo. Chamamos esse tipo de substância de **gás ideal**.

Você pode verificar a expansão e a contração do ar com a próxima atividade, buscando entender a construção de um termômetro a gás.

Enchendo o balão

Um recipiente de vidro com uma rolha furada e uma bexiga de borracha presa a ela podem servir para você observar o comportamento do ar quando aquecido ou resfriado.



Coloque esse conjunto dentro de uma vasilha de água quente e observe o que ocorre com o volume da bexiga. Ela mostra o que acontece com o ar do recipiente de vidro.

Coloque em seguida o conjunto dentro de uma vasilha de água gelada. O que ocorre agora com o volume da bexiga?

O que você pode dizer sobre o número de moléculas de ar dentro do conjunto durante o aquecimento e o resfriamento?

E quanto ao comportamento da pressão?

Experiências simples como essa, feitas com ar, mostram que os gases dilatam bastante quando aquecidos e contraem quando resfriados.

MAS QUANTO DILATA UM GÁS? COMO ESSA PROPRIEDADE PODE SER USADA PARA SE CONSTRUIR UM MEDIDOR DE TEMPERATURA ABSOLUTA?

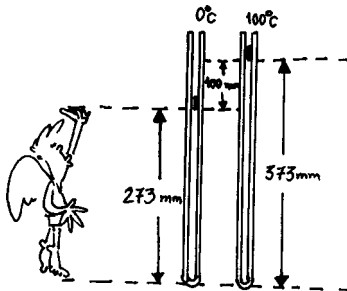
ENQUANTO AS PESQUISAS APONTAM PARA UM LIMITE INFERIOR DE TEMPERATURA, O "FRIO ABSOLUTO", NADA LEVA A CRER QUE HAJA UM LIMITE PARA ALTAS TEMPERATURAS. EM PRINCÍPIO PODE-SE AQUECER UMA SUBSTÂNCIA INDEFINIDAMENTE.

Um termômetro a gás a pressão constante

Se colocássemos gás num tubo longo de vidro de 1 mm^2 de secção (área) confinado por uma gota de mercúrio, perceberíamos a gota de mercúrio subir ou descer, quando o tubo fosse aquecido ou resfriado. A variação do volume do gás em função da temperatura obedece uma regra muito simples.

Mergulhando o tubo numa vasilha de água em ebulição, ou seja, à temperatura de 100°C , o comprimento da coluna de gás seria de 373 mm . Se a água fosse resfriada a 50°C , a altura de coluna passaria a 323 mm . Veja que houve uma diminuição no comprimento da coluna de 50 mm .

Colocando o tubo em água com gelo a 0°C , o comprimento da coluna de gás seria de 273 mm . Neste caso, o comprimento da coluna teria diminuído mais 50 mm .



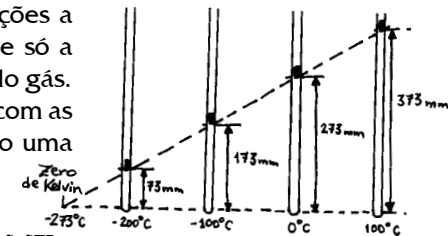
Nessas situações, a pressão do gás seria constante (pressão atmosférica) e o volume do gás seria proporcional à variação de sua temperatura. Com esse termômetro, poderíamos descobrir a temperatura do gás, medindo o seu volume. O volume é a propriedade termométrica desse termômetro.

Reduzindo mais a temperatura, sem que o gás se condensasse, o que se conseguiria em laboratórios especializados, o seu volume seria de 73 mm^3 a -200°C .

Um gás considerado perfeito ou ideal tem sempre seu volume diminuído de $1/273$ para cada redução de temperatura de 1 grau centígrado. Esse comportamento caracteriza os gases perfeitos.

O diagrama ao lado mostra que o volume do gás será zero quando a temperatura for -273°C .

Um volume reduzido a zero significa que as moléculas se movimentariam o mínimo possível; nestas condições a energia das moléculas seria mínima, praticamente só a energia de configuração dos átomos e moléculas do gás. Da mesma maneira não há colisões das moléculas com as paredes do recipiente, o que é interpretado como uma pressão mínima possível.



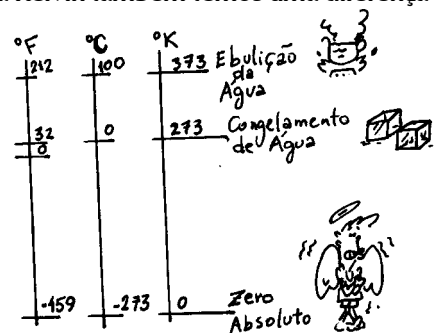
O FATO DE A ENERGIA CINÉTICA TOTAL DAS MOLÉCULAS SER PRATICAMENTE ZERO É INTERPRETADO COMO UMA TEMPERATURA ABSOLUTA ZERO.

Essa temperatura de -273°C foi chamada de **zero absoluto** por William Tompson, que recebeu o título de Lord Kelvin em 1848.

Na prática, o ponto zero absoluto não pode ser atingido. A menor temperatura medida em laboratório foi de fração de grau acima do zero absoluto.

Foi chamada de **escala Kelvin** ou **escala absoluta** a escala termométrica que atribuiu ao zero absoluto o ponto zero; à temperatura de fusão da água, o ponto 273 K ; e a temperatura de ebulição da água, o ponto de 373 K .

Assim, tal como na escala Celsius, entre o ponto de fusão e o de ebulição da água temos uma diferença de 100°C ; na escala Kelvin também temos uma diferença de 100 K .



É ESSA ESCALA DE TEMPERATURA ABSOLUTA QUE USAREMOS PARA ESTUDAR OS GASES.

Kryosgenário

Criogenia é o estudo da produção de baixas temperaturas, inferiores a 273,15K (0°C).

Em 1911 foi observado pela primeira vez que alguns metais, como o mercúrio, tornavam-se **supercondutores**, isto é, conduzem eletricidade sem oferecer resistência quando congelados perto do zero absoluto. Como essas baixas temperaturas só podem ser obtidas com generosa aplicação do hélio líquido, muito caro, as pesquisas continuaram buscando a supercondutividade a temperaturas mais elevadas.

A partir de 1985 foram descobertos novos materiais: o óxido de cobre a 35K, óxidos cerâmicos baseados em terras raras, como o ítrio, por exemplo, a 98K, tornavam-se supercondutores a temperaturas em que o nitrogênio, bem mais barato, já podia substituir o hélio.

Cerâmicas supercondutoras de cobre, ítrio e bário, que funcionam bem a -148°C, com estrôncio e cálcio chegam a funcionar a temperaturas de -103°C. Pesquisadores de todo o mundo se empenham na busca de materiais supercondutores de alta temperatura para fabricação de chips de computador, fibras ópticas etc.

O trem bala

Eletróimãs supercondutores feitos com fios de liga de nióbio, a temperaturas de aproximadamente 20K, são colocados longitudinalmente na parte inferior do trem, enquanto os trilhos são dotados de chapas de alumínio na mesma direção dos eletróimãs.

Quando o trem se move, a direção das linhas do campo magnético dos eletróimãs perpendicular às superfícies das chapas, induz correntes elétricas que, por sua vez, interagem com as dos eletróimãs. Isso provoca uma repulsão que ergue o trem a uns 10 cm do chão, fazendo-o deslizar sobre um colchão magnético, o que permite velocidades da ordem de 500 km/h. O trem só se apóia sobre rodas quando está em baixas velocidades ou parado.

Criogenia: A indústria do "muito frio"**Tecnologia: nitrogênio líquido.**

O nitrogênio líquido é fabricado a partir da liquefação do ar, o que se consegue atingindo-se a temperatura de 77K. É empregado na medicina, na veterinária e na tecnologia.

Medicina: bisturi criogênico.

Nesse bisturi utiliza-se a circulação de nitrogênio líquido e controla-se a temperatura desejada a partir de um aquecedor. O uso desse instrumento permite que só a parte a ser removida do tecido seja submetida a baixas temperaturas, preservando-se os tecidos sadios. As cicatrizações das incisões feitas com esse bisturi são mais rápidas e com menores riscos de infecção.

Veterinária: banco de sêmen.

Os bancos de sêmen conservam à temperatura de 77K o sêmen de animais reprodutores utilizados em inseminações artificiais e enviados para locais distantes, congelados em embalagens em que circula o nitrogênio líquido.

Ambiental: controle de poluição do ar.

Controle de filtros que, dependendo do material e da temperatura em que se encontram (baixas temperaturas), absorvem gases poluentes.

Ambiental: simulação de ambientes espaciais.

Retirando-se as moléculas do ar pelo processo de absorção a baixas temperaturas, conseguem-se pressões muito baixas, que simulam ambientes extraterrenos.

Tecnologia: tratamento de metais.

O tratamento do aço com nitrogênio líquido num processo elaborado sem choques térmicos obtém-se um aço mais duro e resistente ao desgaste.

Tecnologia: aproveitamento de pneus descartados.

Pneus velhos e plásticos, após o congelamento com nitrogênio líquido, são pulverizados e misturados com asfalto para pavimentação. Essa mistura nas proporções adequadas torna a superfície mais aderente do que o asfalto comum. Além disso utiliza material que por não ser biodegradável se constitui num problema para a reciclagem do lixo.

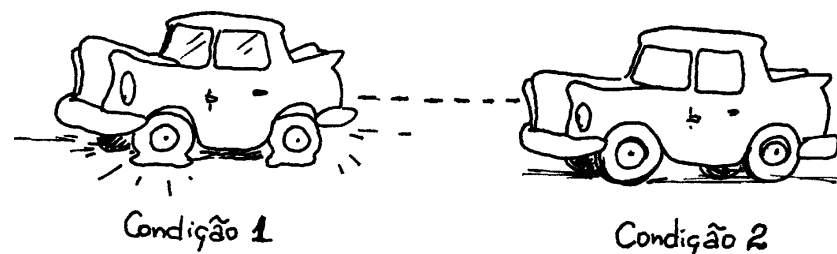
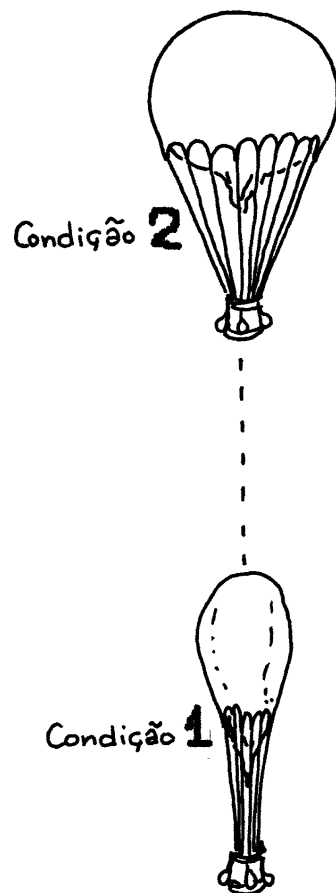
Tecnologia: quebra de castanhas-do-pará.

As cascas das castanhas-do-pará, quando submetidas a baixas temperaturas, são quebradas facilmente, sem que o fruto sofra alterações.

—18—

Transformações gasosas

Em termômetros a gás, bombas de encher pneus e balões, aparelhos respiratórios para submersão etc., ocorrem transformações gasosas.

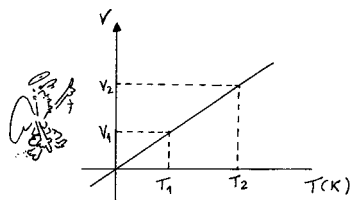


Sempre que um gás é resfriado ou aquecido, os valores de sua pressão e volume se alteram. Há uma regra para essas alterações?

A compressão ou a descompressão de um gás também provocam variações no seu volume e na sua temperatura?

Experiências realizadas com gases mantêm constante uma das grandezas: temperatura, pressão ou volume, avaliando como variam as outras duas e estabelecendo leis para as transformações gasosas.

Como vimos na leitura anterior, é possível descobrir a temperatura absoluta de um gás medindo-se o seu volume.



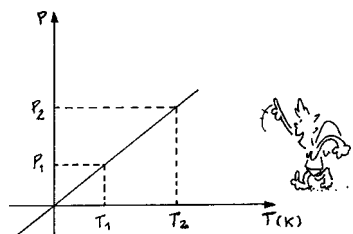
Transformação isobárica

Nesse tipo de transformação gasosa que ocorre a pressão constante (isobárica), o volume do gás é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta, o que pode ser representado pela relação:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{constante}$$

Lei de Charles-Gay Lussac, onde os índices 1 e 2 caracterizam a primeira e a segunda condição do gás.

No entanto, podemos aquecer ou resfriar um gás mantendo constante o seu volume e observando como sua pressão varia. (Veja no quadro ao lado o funcionamento de um termômetro a gás a volume constante.)



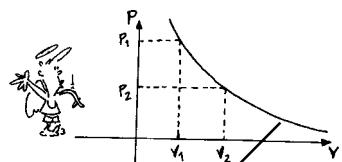
Transformação isovolumétrica

A pressão indicada no manômetro aumenta proporcionalmente com a temperatura absoluta do gás, o que pode ser representado pela equação:

Lei de Charles-Gay Lussac

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{constante}$$

Um gás pode ter sua temperatura mantida constante e sofrer uma transformação onde a pressão e o volume variam. Esse estudo foi realizado por Boyle. (Veja no quadro ao lado a sua experiência.)



Transformação isotérmica

ESSA CURVA É CHAMADA ISOTERMA.

Se a pressão do gás aumentar, o seu volume diminui de tal modo que vale a relação:

Lei de Boyle

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{constante}$$

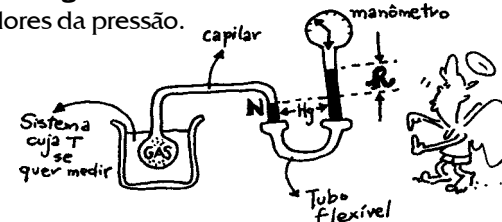
Um gás também pode passar de uma condição (estado) para outra variando ao mesmo tempo a pressão, o volume e a temperatura. Essa transformação obedece ao mesmo tempo às três equações apresentadas, isto é:

Equação Geral dos Gases

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = \text{cte}$$

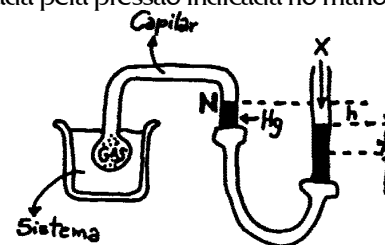
Termômetro a gás a volume constante

Para estudar a variação da pressão de um gás mantido a volume constante utiliza-se um dispositivo contendo uma certa quantidade de gás, isolado do ambiente por um tubo flexível em forma de U com mercúrio, um **termômetro a gás a volume constante**. Um manômetro indica valores da pressão.



Quando o gás é aquecido, o seu volume pode ser mantido constante elevando-se a extremidade do tubo de modo que o ponto N permaneça fixo. A altura h do tubo que contém mercúrio equilibra a pressão do gás contido no reservatório.

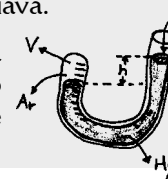
Quando o gás é resfriado, ao contrário, a extremidade do outro tubo deve ser abaixada. A temperatura do gás é calculada pela pressão indicada no manômetro.



A experiência de Boyle.

No estudo dos gases realizado por Boyle foi utilizado um tubo em U fechado em uma extremidade e aberto na outra e contendo gás e mercúrio. Mantendo a temperatura constante, Boyle provocou alterações na pressão e observou como o volume do gás variava.

A pressão pode ser variada alterando-se a altura de mercúrio do ramo direito, mantendo-se constante a temperatura.



Uma importante propriedade dos gases foi apresentada por Avogadro: "um mol de qualquer gás nas condições normais de temperatura e pressão, ocupa sempre o mesmo volume de 22,415 litros e possui $6,02 \cdot 10^{23}$ moléculas (N_0)".

O mol de uma substância é sua massa molecular expressa em gramas. Por exemplo:

um mol de gás de oxigênio (O_2) = 32 g

um mol de gás hidrogênio (H_2) = 2 g

um mol de água (H_2O) = 18 g

Se aplicarmos a equação geral dos gases a **um mol** de gás, o resultado será sempre o mesmo para qualquer gás:

$$\frac{PV}{T} = \frac{1 \text{ atm} \times 22,4 \text{ l}}{273 \text{ K}} = \frac{(1,013 \times 10^5) \text{ N/m}^2 \times 0,0224 \text{ m}^3}{273 \text{ K}}$$

O resultado é a **constante universal dos gases**:

$$R = 8,31 \frac{(\text{N/m}^2) \times \text{m}^3}{\text{mol} \times \text{K}} = 1,986 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \times \text{K}}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{atm} \times \text{l}}{\text{mol} \times \text{K}}$$

Para um mol de um gás: $\frac{PV}{T} = R$

Para n moles de um gás: $\frac{PV}{T} = n \times R$ ou

$$PV = nRT$$

Equação dos gases perfeitos ou equação de Clapeyron

Teoria cinética dos gases

A pressão de um gás sobre as paredes do recipiente está relacionada com a energia cinética média das moléculas e a temperatura absoluta através das seguintes relações:

$$P = \frac{1}{3} \frac{N \times m \times v_m^2}{V} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} E_{c_m}$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} k \times T \quad \text{onde: } N = n \times N_0 \quad \text{e} \quad k = \frac{R}{N_0}$$

$$k = 1,38 \times 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{molécula} \times \text{K}} \quad \text{Constante de Boltzman}$$

Com essas equações relacionamos pressão e temperatura, que são grandezas macroscópicas, com a energia cinética, que é uma grandeza microscópica. Portanto, é possível estabelecer uma equivalência entre uma grandeza macroscópica e uma grandeza microscópica.

MACROSCÓPICA	MICROSCÓPICA
massa	número de moléculas
temperatura	energia cinética
pressão	choque das moléculas com as paredes
volume	distância média entre as moléculas

n = número de moles
N = número de moléculas
V = volume
m = massa de cada molécula
v = velocidade das moléculas
 N_0 = $6,02 \times 10^{23}$ moléculas por mol

Exemplo:

1) Qual é a energia cinética média por molécula à temperatura ambiente?

Resolução:

Se: $t = 22^\circ\text{C} = 273 + 22 = 295 \text{ K}$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} k T$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} \times 295 \times 1,38 \times 10^{-23} \text{ J}$$

$$E_{c_m} = \frac{3}{2} \times 4,07 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$E_{c_m} = 6,105 \times 10^{-21} \text{ J}$$

Exercícios

1) Um químico recolhe um gás a 18°C, cujo volume é de 500 cm³. Para dimensionar a capacidade do recipiente ele precisa conhecer qual será o volume do gás a 0°C se a pressão for mantida constante. Determine o volume do gás.

Resolução:

Como a pressão é constante, a transformação é isobárica. Assim, para a temperatura de 18 °C podemos escrever:

$$T_1 = 18 \text{ °C} = 18 + 273 = 291 \text{ K}$$

$$V_1 = 500 \text{ cm}^3$$

Para a temperatura 0°C, temos:

$$T_2 = 0 \text{ °C} = 0 + 273 = 273 \text{ K}$$

$$V_2 = ?$$

$$\text{Como: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{500}{291} = \frac{V_2}{273}$$

$$\text{Portanto: } V_2 = \frac{500 \times 273}{291} = 469 \text{ cm}^3$$

2) Um balão meteorológico contém 75.000 m³ de gás hélio quando está na superfície da Terra à pressão de 1 atmosfera. Ao alcançar uma altitude de 20 km, o seu volume atinge 1.500.000 m³. Admitindo que a temperatura do gás se mantém constante, qual a pressão do gás hélio nessa altura?

Resolução:

$$V_1 = 75.000 \text{ m}^3$$

$$P_1 = 1 \text{ atmosfera} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$V_2 = 1.500.000 \text{ m}^3$$

$$P_2 = ?$$

Como a temperatura se mantém constante: $P_1 V_1 = P_2 V_2$

$$10^5 \times 75.000 = 1.500.000 \times P_2$$

$$P_2 = \frac{75.000 \times 10^5}{1.500.000} = 5 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

vinte vezes menor que a pressão inicial.

3) Um *freezer*, regulado para manter a temperatura em seu interior a -19°C, foi fechado e ligado quando a temperatura ambiente estava a 27°C.

a) Determine a pressão em seu interior após um certo tempo de funcionamento.

b) Compare esse valor com o da pressão interna do *freezer* num ambiente cuja temperatura seja 40°C.

Obs.:

- Você pode considerar que o ar no interior do freezer se comporta como um gás ideal.

- Como o volume do ar não se altera, $V_1 = V_2$.

- P_1 é a pressão do local, 1 atmosfera.

- Você deve usar a temperatura absoluta.

4) Considerando que um motor a diesel esteja funcionando a uma taxa de compressão de 14:1 e que a temperatura do ar em seu interior atinja o valor de aproximadamente 700°C, calcule o máximo valor da pressão do cilindro antes da injeção do diesel, sabendo que a temperatura ambiente é de 27°C e a pressão é de 1 atmosfera.

Obs.:

- A pressão inicial do ar na câmara é a do local, 1 atmosfera.

- O volume inicial do ar é V_1 e o final é $V_1/14$.

- Use temperaturas Kelvin.

Considerações sobre o exercício 4

Nos motores a diesel, o combustível é injetado no interior de uma câmara de combustão que contém ar comprimido a alta temperatura e sofre combustão espontânea, dispensando, assim, a vela de ignição.

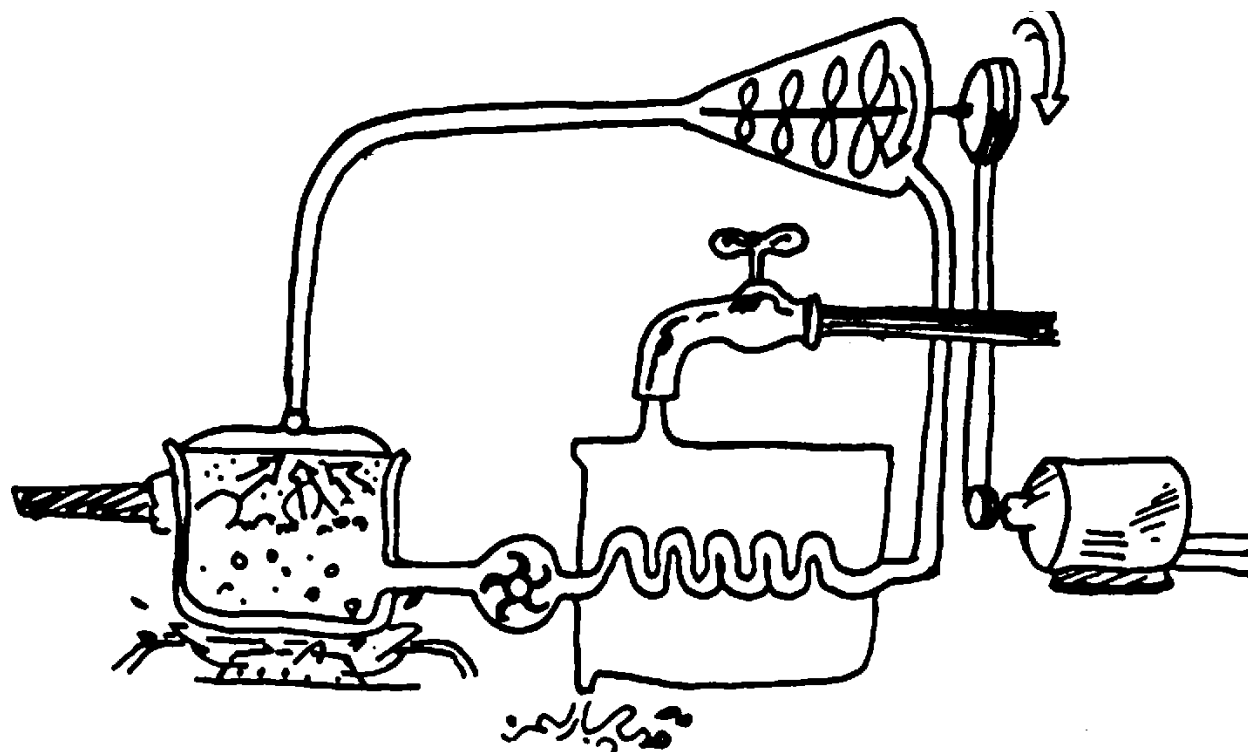
O ar contido na câmara é retirado do ambiente e altamente comprimido, até que seu volume fique reduzido cerca de 14 a 25 vezes em relação ao volume inicial.

—19—

A todo vapor

Para gerar eletricidade precisamos fazer girar um eixo.

O vapor pode ser usado para provocar esse giro?



As usinas geradoras de eletricidade transformam energia mecânica de rotação do eixo da turbina em energia elétrica.

Como é produzido o movimento de rotação de uma turbina a vapor?

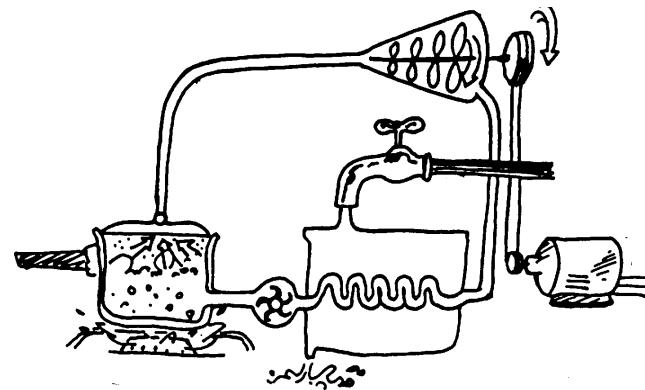
Numa usina termelétrica a energia se conserva?

E uma usina termonuclear, como funciona?

A turbina a vapor

A turbina a vapor é uma máquina térmica que utiliza o vapor de água para movimentar suas hélices, produzindo a rotação do seu eixo. É essa rotação que nas usinas termelétricas vai acionar o gerador elétrico.

Ela é constituída de uma caldeira, de um conjunto de hélices (turbina), de um condensador e de uma bomba.



NA CALDEIRA A PRESSÃO DO VAPOR É CONTROLADA POR VÁLVULAS, TAL COMO NUMA PAINEL DE PRESSÃO.

A água, substância de operação, é aquecida na caldeira pela queima externa do combustível, em geral carvão mineral, fervendo a alta pressão.

O vapor aquecido até cerca de 500°C escapa por diferença de pressão e através de uma tubulação chega até o conjunto de hélices ou turbina, para a qual transfere parte de sua energia cinética, produzindo a rotação do eixo da turbina. Como consequência, o vapor tem sua pressão e temperatura diminuídas.

Depois de passar pelas hélices o vapor é resfriado numa serpentina, condensa-se e a água chega à bomba.

A água bombeada para a caldeira vai garantir a continuidade do processo nesse ciclo fechado da turbina a vapor.

Por que é necessário um condensador na turbina a vapor?

Se para girar a hélice é necessário vapor a alta pressão e temperatura, poderia se pensar em injetar o vapor de volta à caldeira sem antes liquefazê-lo. Isso, porém, não pode ser feito porque acarretaria um trabalho muito grande à bomba, pois para voltar à alta pressão o vapor precisa ser muito comprimido.

A função do condensador é resfriar o vapor, que ao circular pela serpentina (envolvida por água corrente) perde calor até liquefazer.

A água à temperatura de 100°C é então facilmente bombeada para a caldeira. Se a água fosse resfriada, atingindo temperaturas menores, a caldeira seria sobrecarregada com a tarefa de aquecê-la até a ebulição.

As transformações da substância de operação

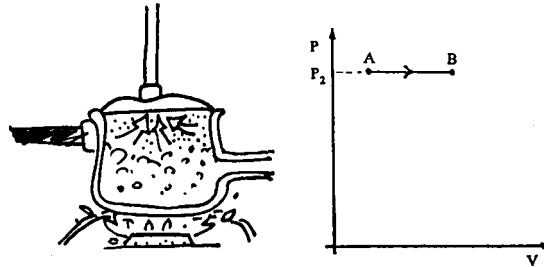
Em cada componente da turbina o vapor ou a água sofrem transformações, tendo sua pressão, volume e temperaturas alteradas.

Representando graficamente as variações de pressão e volume em cada etapa, podemos compreender o ciclo da turbina a vapor.

Etapas do ciclo da água no interior da turbina

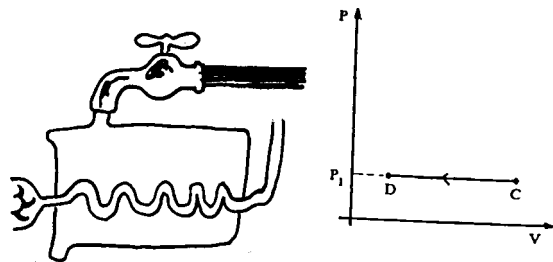
1) Caldeira.

A água se vaporiza à pressão constante, aumentando seu volume - transformação isobárica - (A → B);



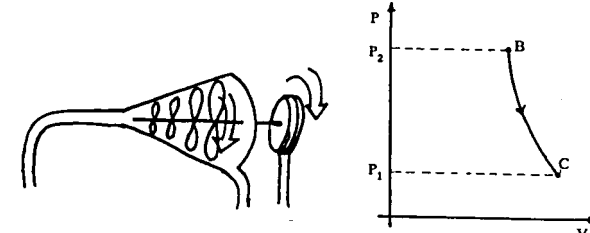
3) Condensador.

O vapor passa para o estado líquido, trocando calor com o meio e diminuindo o volume a pressão constante (C → D);



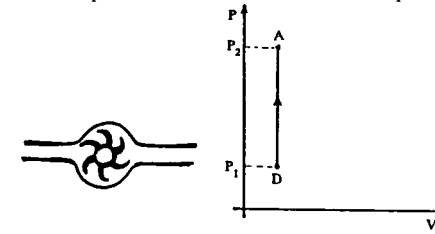
2) Turbina.

O vapor se expande, realizando trabalho. Como as hélices da turbina e o vapor estão à mesma temperatura e a transformação ocorre rapidamente, não há trocas de calor - expansão adiabática - (B → C);

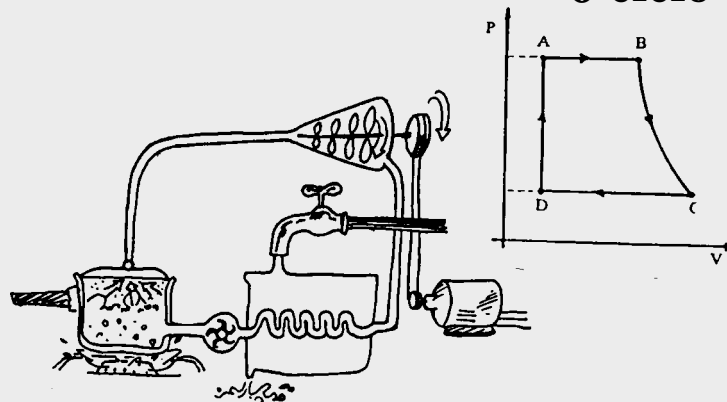


4) Bomba.

A bomba, ao comprimir a água, aumenta sua pressão até que esta se iguale à pressão do interior da caldeira. Pelo fato de a água ser praticamente incompressível, podemos considerar este processo isométrico (D → A).



O ciclo completo



Num ciclo completo da turbina a vapor a energia que provém da queima do combustível (carvão) é utilizada para variar a energia interna da substância de operação (água e vapor) e para realizar trabalho, fazendo girar o eixo da turbina. A água que circula externamente ao condensador também se aquece.

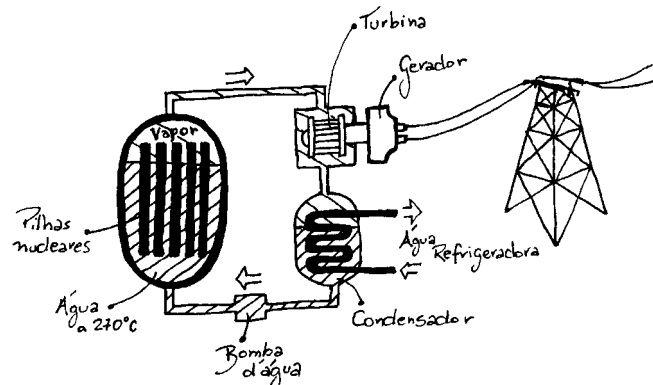
A energia fornecida ao sistema é transformada em trabalho, reaproveitada no processo, e em parte cedida ao ambiente.

NUM CICLO COMPLETO, A ENERGIA SE CONSERVA.

Termonuclear

Numa usina termonuclear a turbina é movida a vapor a alta pressão, como na termelétrica. A diferença entre elas consiste na maneira de produzir o vapor.

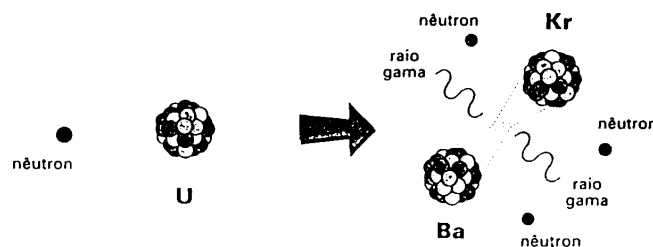
Enquanto na termelétrica o vapor é produzido numa caldeira onde a água é aquecida pela combustão externa de carvão ou petróleo, na nuclear é um reator que utiliza o urânio (U^{235}) como combustível para produzir o calor necessário para aquecer a água.



NO NÚCLEO DOS REATORES AS PASTILHAS DE URÂNIO SÃO COLOCADAS EM HASTES METÁLICAS, TAMBÉM CHAMADAS DE PILHAS NUCLEARES.

Os núcleos dos reatores contêm água, combustível (pastilhas de urânio), grafite e barras de boro. Neles ocorre uma reação nuclear, isto é, o átomo de urânio é quebrado quando um nêutron se choca com o seu núcleo, dando origem aos núcleos de bário e criptônio e mais três nêutrons. É esta a função do reator: bombardear núcleos de urânio com nêutrons para provocar a quebra do urânio, o que é expresso na Física como **fissão nuclear**.

Na reação apresentada a seguir a energia é liberada na forma de ondas eletromagnéticas semelhantes aos raios X e mais penetrantes que eles, os raios gama.



Os três nêutrons que resultam da reação podem atingir outros núcleos, liberando mais nêutrons e provocando, assim, uma reação em cadeia. Se essa reação não fosse controlada, liberaria instantaneamente uma grande energia e provocaria uma explosão, que é o que ocorre numa bomba atômica.

A grafite e as barras de boro têm a função de controlar essa reação. A grafite funciona como um moderador que desacelera os nêutrons; as barras de boro absorvem os nêutrons, controlando a reação. As barras de boro são colocadas no núcleo do reator ou retiradas para produzir o calor na quantidade que se deseja, com segurança. As outras partes da usina termonuclear (turbina, condensador e válvula) funcionam tal como uma termelétrica, guardando é claro algumas particularidades.

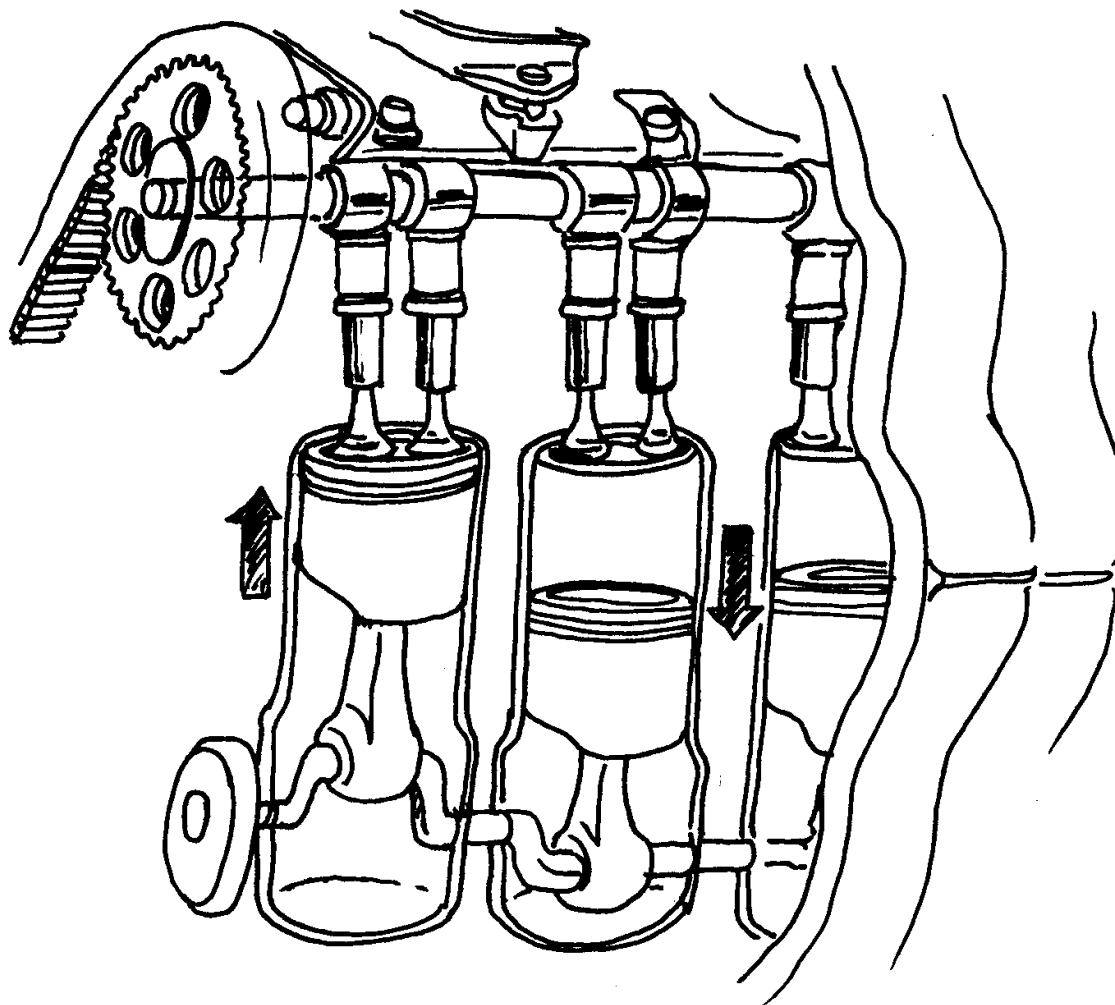
Em nossos dias consumimos cada vez mais energia elétrica. As usinas geradoras, entretanto, poluem o ar, causam danos ao meio ambiente e se constituem num risco de contaminação por radiação.

PESQUISE SOBRE AS USINAS CONSTRUÍDAS NO BRASIL, A POLUIÇÃO E DANOS CAUSADOS PELAS CONSTRUÇÕES DE HIDRELÉTRICAS, TERMELÉTRICAS E TERMONUCLEARES.

—20—

Cavalos de aço

Automóveis, ônibus e caminhões são movidos por máquinas térmicas. Nelas a produção de movimento ocorre a partir da queima do combustível.

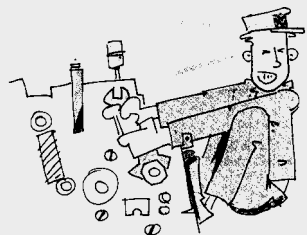


Tanto em carroças puxadas por animais como em automóveis movidos por motor, temos produção de movimentos. Transformamos em energia mecânica a energia muscular do animal ou a energia química do combustível.

Ao discutir o funcionamento de motores a combustão, verdadeiros cavalos de aço, vamos evidenciar os princípios físicos da Termodinâmica.

Entrevistando um mecânico...

Você pode dar uma de jornalista e fazer algumas perguntas ao técnico, tais como:



1) Quais as partes essenciais de um motor?

2) Como funciona um motor de quatro tempos? E de dois tempos?

3) Quais as diferenças entre um motor a álcool e a gasolina? E a diesel?

4) O que é cilindrada do motor?

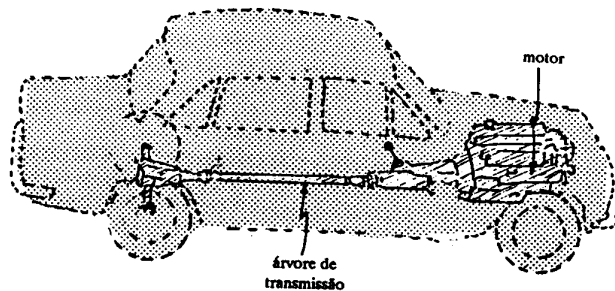
VOCÊ JÁ SABE QUE AUTOMÓVEIS, ÔNIBUS E CAMINHÕES SÃO MOVIDOS POR MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA; MAS JÁ VIU UM DELES INTERNAMENTE?

Uma maneira de conhecer um motor por dentro é visitar uma oficina mecânica e fazer uma entrevista com o mecânico.

Certamente ele vai lhe mostrar partes dos motores e falar sobre a função de cada uma. Depois dessa discussão com o técnico, fica mais fácil "descobrir" os princípios físicos em que se baseia essa máquina térmica.

O motor a combustão

Os motores são formados por um bloco de ferro ou alumínio fundido que contém câmaras de combustão, onde estão os cilindros, nos quais se movem pistões. Cada pistão está articulado ao virabrequim através de uma biela. A biela é a peça que transforma o movimento de vaivém dos pistões em rotação do virabrequim. O virabrequim, ao girar, faz com que o movimento chegue até as rodas através do sistema de transmissão do carro.

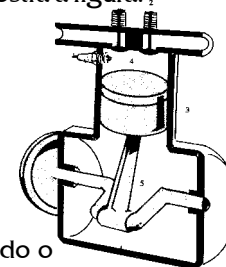


Os motores diferem pela quantidade de cilindros e quanto ao ciclo de funcionamento, dois tempos ou quatro tempos, em que cada pistão trabalha num ciclo e se constitui numa máquina térmica.

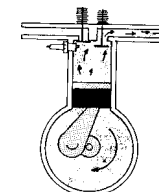
COMO É PRODUZIDO O MOVIMENTO?

Nos motores a quatro tempos a álcool ou gasolina a produção de movimento começa pela queima de combustível nas câmaras de combustão. Essas câmaras contêm um cilindro, duas válvulas (uma de admissão e outra de escape) e uma vela de ignição. O pistão que se move no interior do cilindro é acoplado à biela, que se articula com o virabrequim como mostra a figura.

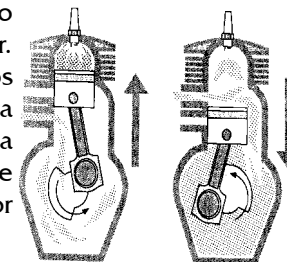
- 1- válvula de admissão
- 2- válvula de escape
- 3- pistão
- 4- cilindro
- 5- biela



Num motor a quatro tempos, quando o pistão desce no cilindro devido ao giro do virabrequim, a válvula de admissão se abre, e uma mistura de ar e combustível é aspirada pelo cilindro. Com o movimento de subida do pistão, o combustível é comprimido. Quando a compressão é máxima, a vela de ignição solta uma faísca, que explode o combustível e joga o pistão para baixo. Quando ele volta a subir, a válvula de escape é então aberta, permitindo que os gases queimados escapem para o meio ambiente; então reinicia-se o ciclo.



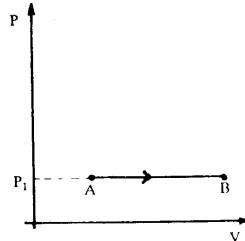
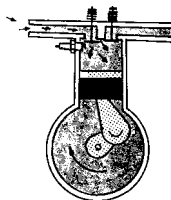
Nos motores de dois tempos, como os usados em motos e barcos, também ocorrem a admissão, a compressão, a expansão e a exaustão, porém com apenas dois cursos do pistão; a cada ciclo são duas fases simultâneas. Enquanto o pistão sobe, simultaneamente há a aspiração na parte inferior do motor e compressão do combustível na parte superior. Com a ignição, a expansão dos gases impulsiona o pistão para baixo, abrindo a saída para a exaustão, enquanto a mistura de combustível flui da parte inferior do motor para a parte superior.



Etapas de um motor a quatro tempos

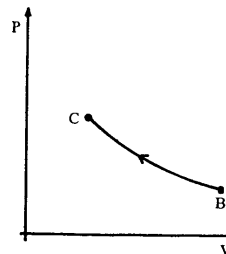
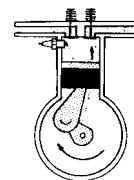
1) Admissão da mistura: 1º tempo.

Abertura da válvula de admissão: enquanto o volume do gás aumenta, a pressão fica praticamente constante - transformação isobárica (A → B);



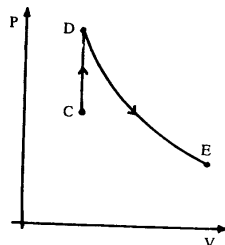
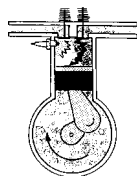
2) Compressão da mistura: 2º tempo.

Enquanto o volume diminui, a pressão e a temperatura aumentam. Como o processo é muito rápido, não há trocas de calor com o ambiente - transformação adiabática (B → C);



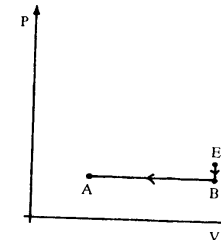
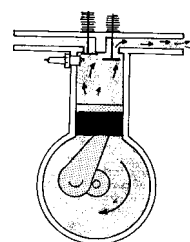
3) Explosão da mistura: 3º tempo.

O volume do gás fica praticamente constante, e ocorre um grande aumento da temperatura e da pressão - transformação isométrica (C → D); enquanto o volume aumenta, a pressão e a temperatura diminuem - transformação adiabática (D → E);

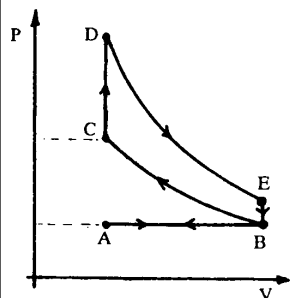


4) Escape dos gases: 4º tempo.

Abertura da válvula de escape: o volume permanece o mesmo e a pressão diminui - transformação isométrica (E → B); enquanto o volume diminui a pressão fica praticamente constante - transformação isobárica (B → A).



O primeiro princípio da Termodinâmica



Num ciclo completo do motor, a energia química do combustível só é transformada em trabalho no 3º tempo. Nas outras etapas (1º, 2º e 4º tempos) o pistão é empurrado devido ao giro do virabrequim. Parte do calor é eliminada como **energia interna** (ΔU) dos gases resultantes da combustão, que saem pelo escapamento a temperaturas muito altas. Outra parte aquece as peças do motor que são refrigeradas continuamente, trocando calor com o meio ambiente. Podemos afirmar que a energia ou quantidade de calor Q fornecida ao sistema pelo combustível aumenta sua energia interna realizando trabalho.

Esse princípio de conservação da energia pode ser expresso por: $Q = \Delta U + \tau$, onde: Q = energia do combustível.

ΔU = variação da energia interna do sistema.

τ = trabalho realizado pelo combustível.

Essa expressão é conhecida na Física Térmica como **primeira lei da Termodinâmica**.

Transformando o trabalho em calor e joules em calorias???

As máquinas térmicas transformam calor em trabalho, sendo que o sistema sempre sofre um aquecimento.

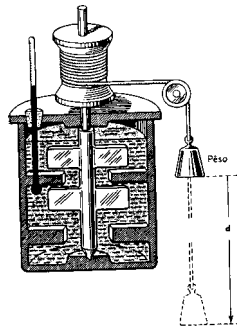
Você já viu um motor funcionar sem que ele se aqueça? Mas será que é possível transformar um trabalho totalmente em calor?

Essa é uma pergunta que os físicos tiveram de responder desde que o calor foi interpretado como uma forma de energia, no século passado.

Tornou-se necessário estabelecer a relação entre uma certa quantidade de calor, medida em calorias, e a unidade usada para medir outras formas de energia, o **joule**.

Na verdade, a unidade de medida de energia é chamada de joule devido aos trabalhos realizados pelo físico inglês James Joule, que realizou experiências procurando a relação entre a quantidade de calor e o trabalho.

Neste aparato, o peso, ao cair, fazia girar um conjunto de pás que agitavam a água contida no recipiente.



O atrito das pás com a água faz com que o peso desça com velocidade lenta, quase constante.

Assim, presumiu-se que toda a energia potencial do peso mgh é transformada em calor. Sendo o recipiente isolado termicamente, considerou-se que todo o calor irá aquecer a água. Um termômetro adaptado ao recipiente permite que se conheça a temperatura inicial e a final da água. Pode-se então calcular a quantidade de calor que a água recebeu.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad \text{Onde: } m = \text{massa da água} \\ c = 1 \\ \Delta t = t_f - t_i$$

O trabalho realizado pelo peso em sua queda é:

$$\tau = E_p \Rightarrow \tau = mgh$$

Admitindo-se que o trabalho realizado pelo peso era equivalente à quantidade de calor Q , Joule concluiu, depois dos cálculos de sua experiência, que:

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Questões motoras

1) Os motores a combustão de quatro tempos só realizam trabalho no 3º tempo, e o de dois tempos no 2º tempo. Como o motor obtém o impulso para começar a funcionar?

Resolução:

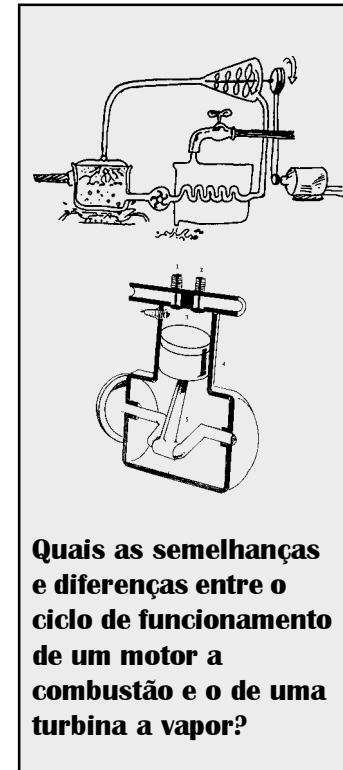
O impulso necessário para o início do ciclo é efetuado pelo motor de arranque, um pequeno motor elétrico alimentado pela bateria do carro, que dá início ao giro do virabrequim. Nos primeiros veículos esse "impulso" era efetuado mecanicamente, por uma manivela encaixada no eixo do virabrequim; processo semelhante é usado ainda hoje na maioria das motocicletas, nas quais se aciona um pedal para dar a partida do motor.

2) Quando queremos aumentar a velocidade do carro, acionamos o acelerador. Como o pedal do acelerador interfere no ciclo do motor?

Resolução:

O acelerador do carro está articulado com o carburador, dispositivo que controla a quantidade de combustível que é admitida na câmara de combustão.

O carburador tem a função de misturar o ar com o vapor do combustível na proporção de 12 a 15 partes de ar para 1 de combustível (por unidade de massa) e controlar a quantidade dessa mistura, através de uma válvula que se abre quando o pedal do acelerador é pressionado ou solto, liberando maior ou menor quantidade da mistura combustível.



Quais as semelhanças e diferenças entre o ciclo de funcionamento de um motor a combustão e o de uma turbina a vapor?

— 21 —

O gelo ao alcance de todos

O uso do refrigerador doméstico faz parte do nosso dia-a-dia. Em que princípio físico se baseia o seu funcionamento?



O armazenamento e o transporte de alimentos perecíveis constituíam um problema até bem pouco tempo atrás.

Era uma meta evitar que os alimentos se deteriorassem rapidamente devido à ação do calor, principalmente nas regiões tropicais e durante o verão.

O refrigerador, hoje ao alcance de todos, revolucionou os nossos hábitos de compra e de alimentação.

Discutindo o funcionamento dessa máquina de "fazer gelo", vamos apresentar o segundo princípio da termodinâmica.

21 O gelo ao alcance de todos

Você estranhou o fato de a geladeira fazer parte de um capítulo em que se estudam máquinas térmicas?

Entrevistando um técnico de geladeira...

Veja algumas perguntas que você pode fazer ao profissional entrevistado:



- 1) No que se baseia o funcionamento de uma geladeira?
- 2) Que gás é usado nas geladeiras?
- 3) O que acontece em cada parte da geladeira?
- 4) Como funciona o freezer?
- 5) Como a geladeira liga e desliga sozinha?

O QUE UM APARELHO QUE RESFRIA ALIMENTOS E FABRICA GELO TEM DE SEMELHANTE COM UM MOTOR DE CARRO?

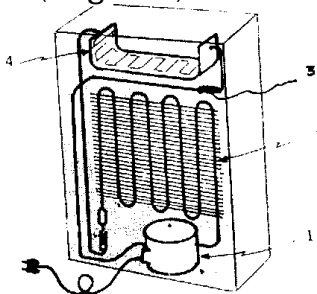
Se você observar a parte de trás da geladeira vai perceber algumas semelhanças.

Uma conversa com um técnico em refrigeração pode auxiliá-lo a entender como funciona uma geladeira.

Depois dessa discussão com o técnico você pode perceber que a geladeira é uma máquina térmica que utiliza a vaporização de uma substância (o freon) para retirar calor do seu interior.

O refrigerador doméstico

A geladeira funciona em ciclos, utilizando um fluido (freon 12) em um circuito fechado. Tem como partes essenciais o compressor, o condensador, uma válvula descompressora e o evaporador (congelador).



O motor compressor comprime o freon, aumentando a pressão e a temperatura e fazendo-o circular através de uma tubulação. Ao passar por uma serpentina permeada por lâminas, o condensador, o freon perde calor para o exterior, liquefazendo-se. O condensador fica atrás da geladeira; é a parte quente que você deve ter observado.

Ao sair do condensador, o freon liquefeito ainda a alta pressão chega a um estreitamento da tubulação (tubo capilar), onde ocorre uma diminuição da pressão. O capilar é a válvula de descompressão.

Quando o freon líquido e a baixa pressão chega à serpentina do evaporador, de diâmetro bem maior que o capilar, se vaporiza, retirando calor da região próxima (interior do congelador). O gás freon a baixa pressão e temperatura é então aspirado para o compressor, onde se inicia um novo ciclo.

O congelador é a parte mais fria, por isso sempre está localizado na parte superior da geladeira, e tem condições de trocar calor com todo o seu interior. O ar quente sobe, se resfria na região do congelador e depois desce, estabelecendo a convecção do ar. Por isso as prateleiras são vazadas.

Tal como na turbina a vapor e no motor a combustão, a geladeira trabalha com uma substância de operação, tem partes que funcionam a altas temperaturas (fonte quente) e a baixas temperaturas (fonte fria).

Enquanto na turbina e no motor o calor flui espontaneamente da fonte quente para a fria (água de refrigeração e atmosfera), na geladeira o fluxo de calor não é espontâneo. Na geladeira a troca de calor se dá do mais frio (interior da geladeira) para o mais quente (meio ambiente). Para que isso ocorra, se realiza um trabalho externo sobre o freon para que ele perca calor no condensador e se evapore no congelador.

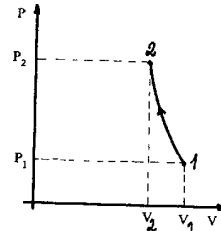
Em cada ciclo, a quantidade de calor cedida para o meio ambiente através do condensador é igual à quantidade de calor retirada do interior da geladeira, mais o trabalho realizado pelo compressor.

Primeiro Princípio da Termodinâmica

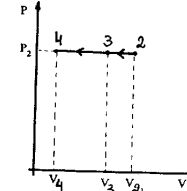
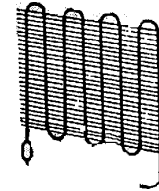
$$Q_{\text{condensador}} = Q_{\text{congelador}} + \tau_{\text{compressor}}$$

Etapas do ciclo da geladeira

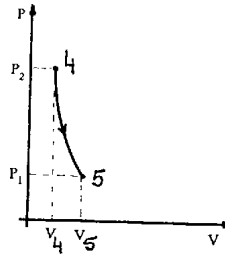
1) Compressor: devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ($Q = 0$), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação de energia interna da substância ($1 \rightarrow 2$);



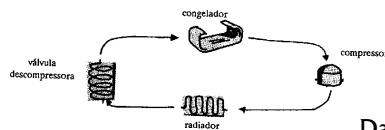
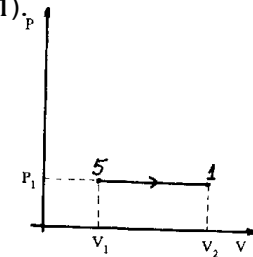
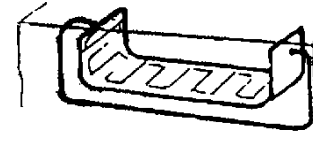
2) Radiador: inicialmente ocorre uma diminuição de temperatura a pressão constante ($2 \rightarrow 3$), seguida de uma diminuição isobárica e isotérmica do volume na condensação ($3 \rightarrow 4$). O calor trocado corresponde ao calor de esfriamento e ao calor de condensação.



3) Válvula descompressora: essa descompressão pode ser considerada adiabática devido à rapidez com que ocorre. A pressão diminui e o volume aumenta ($4 \rightarrow 5$);



4) Congelador: o freon troca calor com o interior da geladeira a pressão e temperatura constantes, expandindo-se à medida que se vaporiza (calor latente de vaporização) ($5 \rightarrow 1$).



O segundo princípio da Termodinâmica.

Da discussão do funcionamento do motor a combustão e da geladeira podemos perceber que:

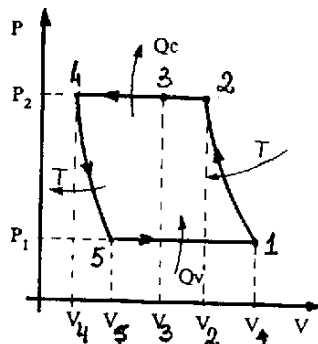
- É possível transformar energia mecânica (trabalho) totalmente em calor. Lembre-se da experiência de Joule.
- O calor flui espontaneamente da fonte quente para a fria. Lembre-se de que as peças do motor e o ambiente sempre se aquecem.

Mas esses processos não ocorrem em sentido contrário; eles são irreversíveis. Este é o **segundo princípio da Termodinâmica**, que pode ser enunciado como:

"É impossível construir uma máquina que, operando em ciclos, transforme todo o calor em trabalho" ou "O calor não flui espontaneamente da fonte fria para a fonte quente".

Na geladeira é o trabalho externo do compressor que faz com que o calor seja retirado do interior da geladeira. Esse princípio da Termodinâmica vale também para os processos naturais, como a germinação de uma semente, o envelhecimento do organismo e o aquecimento do meio ambiente; eles são irreversíveis.

O ciclo completo



Questões técnicas

1) A geladeira não é um aparelho elétrico como se pode pensar à primeira vista. O compressor, que comprime o freon e aumenta sua pressão e temperatura, fazendo-o circular pela tubulação, é um aparelho que transforma energia elétrica em mecânica. Esse trabalho de compressão, entretanto, pode ser feito sem utilizar eletricidade, aquecendo-se a substância de operação (amônia em lugar do freon).

Pesquise sobre as geladeiras antigas e as que funcionam hoje em lugares onde não há energia elétrica.

2) Por que há formação de gelo em volta do evaporador?

Resolução:

O ar retido no interior da geladeira contém vapor de água. A água em contato com o congelador se solidifica, formando uma camada de gelo a sua volta. É também devido ao congelamento da água contida na nossa pele que ficamos com os dedos "grudados" numa forma de gelo metálica. A água do ar e a da nossa pele se misturam e congelam.

3) O que faz com que a geladeira ligue e desligue sozinha?

Resolução:

O funcionamento da geladeira é regulado automaticamente, conservando a temperatura desejada no evaporador por meio de um termostato. Esse controlador de temperatura contém gás ou líquido que, ao atingir a temperatura definida pela posição do botão de graduação a ele acoplado, abre ou fecha os contatos elétricos, fazendo o motor parar ou começar a funcionar. Nas geladeiras modernas, o

termostato, ao se desligar, aciona circuitos elétricos que provocam o degelo automático do congelador por aquecimento (efeito joule). Uma bandeja colocada acima do motor recolhe a água que flui através de uma tubulação de plástico, que é posteriormente evaporada.

4) Quais as características do gás utilizado nas geladeiras? No caso de vazamento, ele é prejudicial ao meio ambiente?

Resolução:

O freon 12 (clorofluorcarbono) é a substância de operação escolhida para refrigeração devido a suas propriedades:

- elevado calor latente de condensação: o que faz com que ceda bastante calor no condensador que é jogado para o ambiente.

- baixa temperatura de ebulição: $-29,8^{\circ}\text{C}$ à pressão atmosférica.

- miscível em óleos minerais: o que permite a lubrificação interna do compressor.

- atóxico, não combustível, não explosivo, não corrosivo: o que o torna inofensivo no caso de vazamento.

O freon, assim como os *sprays*, tem sido responsabilizado pela destruição da camada de ozônio da atmosfera quando lançado no ar. A camada de ozônio absorve os raios ultravioleta.

No caso do desaparecimento do ozônio, ficaríamos expostos a radiação de maior energia e correríamos o risco de contrair câncer de pele.

Essas questões ambientais levaram os industriais a substituir o freon 12 (CFC 12) por produtos menos prejudiciais. Recentemente o Brasil optou pelo

uso do HFC 134-A, que, no caso de vazamento, pode poluir o ambiente mas não destrói a camada de ozônio, e não é inflamável.

5) Quanto ao funcionamento, qual a diferença entre uma geladeira e um *freezer*?

Resolução:

A geladeira e o *freezer* são equivalentes quanto ao funcionamento. O *freezer* possui um evaporador grande o suficiente para manter a temperatura interna em -20°C . Por isso o motor (motor compressor) é mais potente, comprimindo maior quantidade de freon 12 do que a geladeira comum. Conseqüentemente, o condensador do *freezer* troca maior quantidade de calor com o ambiente.

6) Existe semelhança entre o funcionamento de uma geladeira e o de um condicionador de ar?

Resolução:

Os refrigeradores e os condicionadores de ar têm em comum o fato de trabalharem em ciclos, num "circuito fechado", sem gastar a substância refrigerante ao longo do tempo. Os condicionadores de ar também são constituídos por um compressor, um evaporador e um condensador, mas utilizam o freon 22, cuja temperatura de ebulição, $-40,8^{\circ}\text{C}$ à pressão atmosférica, permite a sua condensação sob pressões menores sem haver necessidade de compressões tão potentes.

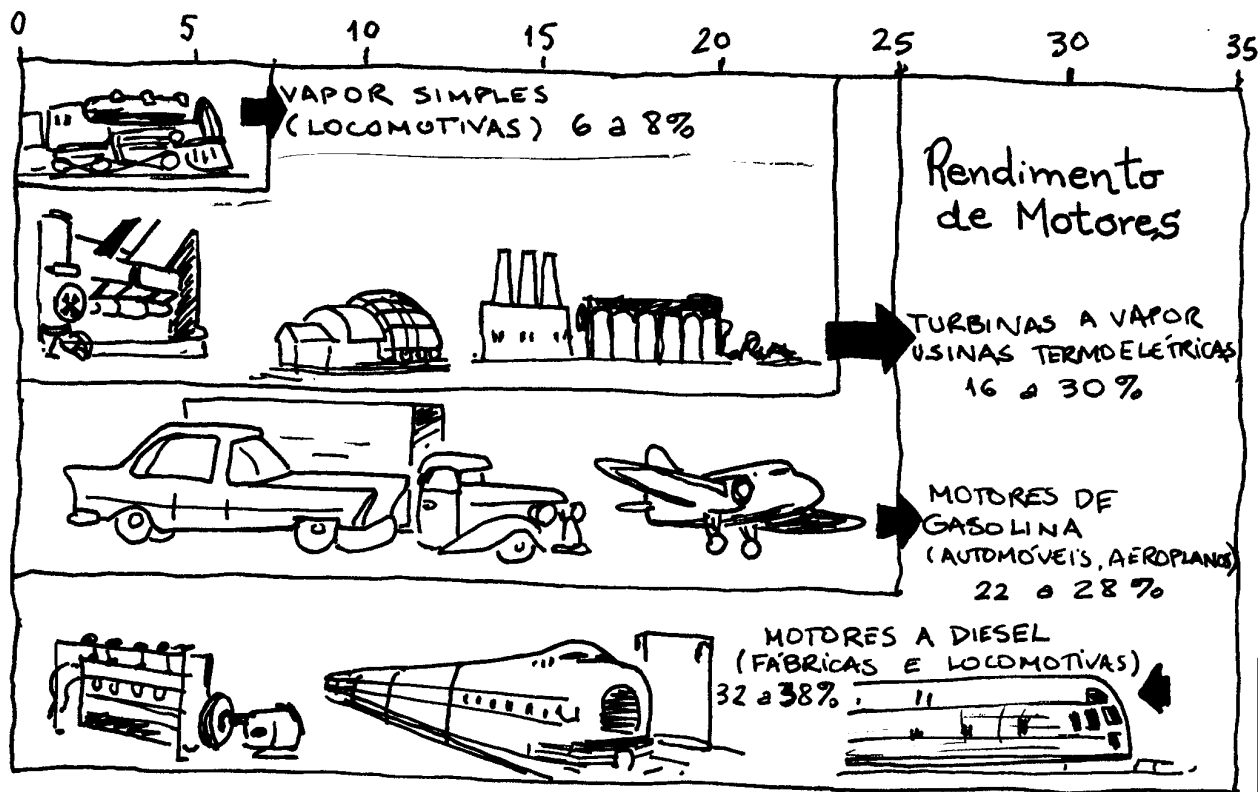
Neles, o ar que provém do ambiente (contendo pó e umidade), após passar por um filtro que retém suas impurezas, entra em contato com a serpentina do evaporador, sendo resfriado e devolvido ao ambiente impulsionado por um ventilador.

22

Potência e perdas térmicas

Esse carro é 1.0?
1.8? 2.0?
Consome muita gasolina?

Rendimento de diferentes tipos de motor



EM QUALQUER MÁQUINA
TÉRMICA - LOCOMOTIVA,
MOTOR A COMBUSTÃO,
TERMELÉTRICA, MOTOR A
JATO - AS PERDAS TÉRMICAS
SÃO MUITO GRANDES.

Essa variação da energia interna (75 unidades de ΔU) está distribuída como:

35 unidades - energia dos gases de escape.

32 unidades - em aquecimento do ambiente pelo sistema de refrigeração.

8 unidades - em aquecimento pelo atrito das peças.

Se você analisar o quadro da página anterior, perceberá que cerca de 75% da energia fornecida a um motor a combustão é perdida. Lembra-se do **primeiro princípio da Termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U$**

Para 100 unidades de quantidade de calor (Q) realizamos 25 unidades de trabalho (τ) e perdemos 75 unidades em variação da energia do sistema (ΔU).

Como gastamos muita energia numa máquina térmica, e a gasolina não é barata, nos preocupamos em saber qual a potência da máquina e o seu rendimento. Definimos rendimento como a razão entre o trabalho produzido e a energia fornecida:

$$\eta = \frac{\tau}{Q}$$

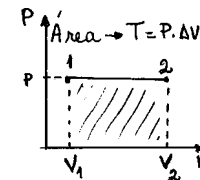
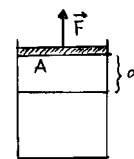
Se toda energia fosse transformada em trabalho, o rendimento seria 1 ou 100%. Isso nunca acontece.

Assim, uma máquina potente é a que realiza "mais trabalho" numa unidade de tempo, $P = \frac{\tau}{t}$, isto é, tem um

rendimento maior. Para aumentar o rendimento de um motor a combustão, os construtores aumentam a razão entre o volume máximo e o mínimo dentro do cilindro, ocupado pela mistura combustível. Se a mistura é bastante comprimida antes de explodir, a pressão obtida no momento da explosão é maior. Além disso, o deslocamento do pistão é tanto maior quanto maior a razão entre o volume máximo e o mínimo.

Em outras palavras, aumentar o rendimento de um motor corresponde a aumentar as variações de pressão e de volume, o que corresponde no diagrama $P \times V$ a um aumento da área interna delimitada pelo ciclo. Essa área representa o trabalho realizado pela máquina em cada ciclo.

Se numa transformação gasosa considerarmos constante a pressão P entre os estados **1** e **2**, teremos o gás variando o seu volume de V_1 para V_2 (ΔV) e exercendo uma força F no pistão de área A .

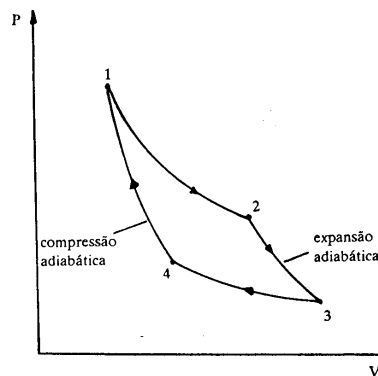


$$\tau = P \times \Delta V = \frac{F}{A} \times A \times d \quad P \times \Delta V = F \times d$$

Quando se diz que um carro é 1.6 ou 1.8, estamos nos referindo a sua potência, fornecendo o volume do interior do cilindro disponível para ser ocupado pela mistura combustível na admissão.

A necessidade de melhorar o rendimento das máquinas térmicas reais exigiu um estudo que resultou na elaboração de um ciclo ideal, que não leva em consideração as dificuldades técnicas. Qualquer máquina que operasse com esse ciclo, denominado ciclo de Carnot, teria rendimento máximo, independentemente da substância utilizada.

Essa máquina idealizada operaria num ciclo completamente reversível, o que é impossível de se conseguir na prática, o **ciclo de Carnot**.



Se uma máquina térmica operasse num ciclo como esse (de Carnot), teria um rendimento máximo

Esse estudo permitiu compreender a condição fundamental para o funcionamento das máquinas térmicas, ou seja, o papel da fonte fria, uma vez que nenhuma máquina térmica poderia funcionar se a substância de operação estivesse à mesma temperatura que o meio que a rodeia.

No motor, os gases resultantes da explosão constituem a fonte quente, e o condensador a fonte fria. No caso dos refrigeradores, o radiador é a fonte quente, e o congelador a fonte fria.

O trabalho também pode ser calculado pela diferença entre a quantidade de calor oferecida ao sistema e a quantidade de calor não aproveitada.

Além disso, para que tais máquinas tenham alguma utilidade, o trabalho externo necessário para que a substância de operação seja comprimida deverá ser menor que o trabalho produzido na expansão dessa substância.

No motor a combustão o trabalho é determinado pelo volume do cilindro, quanto maior o volume maior o trabalho que pode ser realizado, mas ele depende de outros fatores: da taxa de compressão, da quantidade e da composição da mistura de combustível no cilindro. É por isso que um mesmo motor pode variar o trabalho realizado, ainda que o volume do cilindro seja o mesmo; o motorista regula a quantidade e a composição da mistura de combustível com o pedal do acelerador, modificando a potência do motor e obtendo diferentes rendimentos.

Para determinar o rendimento de um motor é necessário conhecer o trabalho realizado por ele e a energia fornecida pelo combustível.

Calculando o rendimento

1) Uma máquina térmica recebe $2,4 \times 10^2$ cal e realiza um trabalho útil de $2,0 \times 10^2$ J.

a) Determine o rendimento da máquina.

b) Considerando que o trabalho da máquina é obtido isobaricamente a uma pressão de 2,0 atm, num pistão que contém um gás, determine a variação de volume sofrida por ele dentro do pistão.

Resolução:

a) O rendimento de uma máquina térmica pode ser calculado pela expressão:

$$\eta = \frac{\tau}{Q}$$

como: $Q = 2,4 \times 10^3 \text{ cal} \cong 10 \times 10^2 \text{ J} \cong 10^3 \text{ J}$

$$\eta = \frac{2,0 \times 10^2}{10^3} = 2,0 \times 10^{-1} = 0,2 \text{ ou } \eta = 20 \%$$

b) Numa transferência isobárica, o trabalho pode ser calculado pelo produto da pressão pela variação de volume:

$$\tau = P \times \Delta V$$

Como a pressão de 1atm corresponde a $1,0 \times 10^5$ N/m², e 1J a 1N.m, então:

$$\Delta V = \frac{\tau}{P} = \frac{2,0 \times 10^2 \text{ N} \times \text{m}}{2,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2} = 10^{-3} \text{ m}^3$$

2) Determine o trabalho, a potência e o rendimento de um motor 1.6 que opera com pressão média de 8 atm a 3.500 rpm e que consome, nessas condições, 6,0 g/s de gasolina.

Resolução:

O trabalho por ciclo do motor pode ser calculado pela relação:

$$\tau = P \times \Delta V, \text{ onde } P = 8 \text{ atm} = 8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta V = 1,6 \text{ l} = 1.600 \text{ cm}^3 = 1,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Então: } \tau = 8 \times 10^5 \times 1,6 \times 10^{-3} = 1.280 \text{ J}$$

A potência do motor pode ser obtida pela relação:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

onde Δt é a duração de um ciclo. Como a frequência:

$$f = \frac{3.500 \text{ ciclos}}{60 \text{ segundos}} = \frac{350 \text{ ciclos}}{6 \text{ segundos}}$$

a duração Δt de um ciclo é $\frac{6}{350}$ s.

$$\text{Portanto: } P = \frac{\tau}{\Delta t}$$

$$P = 1.280 \times \frac{350}{6} = 74.667 \text{ W}$$

Para determinarmos a quantidade de calor fornecida pelo combustível, devemos considerar que cada grama de gasolina libera, na queima, 11.100 cal. A quantidade de calor liberada em 1 segundo é de:

$$6 \times 11.100 = 66.600 \text{ cal} = 279.720 \text{ J}$$

O rendimento é a relação entre o trabalho produzido e o calor injetado. Como o trabalho realizado em 1 segundo é o trabalho de 1 ciclo multiplicado pela quantidade de ciclos em 1 seg que é 350/6, temos:

$$\tau = 1.280 \times 350/6 = 74.667 \text{ J}$$

$$\eta = \frac{\tau}{Q} \quad \eta = \frac{74.667}{279.720}$$

$$\eta = 0,27 \text{ ou } \eta = 27 \%$$

Exercícios

3) A caldeira de uma máquina a vapor produz vapor de água que atinge as hélices de uma turbina. A quantidade de calor fornecida pela fonte quente é 1200 kcal/s. O condensador dessa máquina é mantido à temperatura de 27°C e recebe, por segundo, cerca de 780 kcal, que representa a quantidade de energia "não aproveitada". Determine:

- o rendimento dessa máquina;
- a potência dessa máquina.

Resolução:

a) A quantidade de calor que é transformada em trabalho na unidade de tempo é dada pela relação:

$$\tau = Q_1 - Q_2 = 1.200 - 780 = 420 \text{ kcal}$$

onde, Q_1 é a quantidade de calor fornecida pela caldeira e Q_2 é a quantidade de calor "não aproveitada". Assim, o rendimento dessa máquina será:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} = \frac{420}{1.200} = 0,35 \text{ ou } \eta = 35\%$$

b) A potência da máquina é dada pela relação:

$$P = \frac{\tau}{\Delta t} = \frac{420}{1} = 420 \text{ kcal/s}$$

onde Δt é o intervalo de tempo em que a caldeira fornece as 1200 kcal.

$$P = 420 \times 4,18 \text{ kJ/s} = 1.755 \text{ kW}$$

4) Como deve ser o desempenho de um motor que solta faísca "fora de tempo"?

5) Por que as geladeiras funcionam mal em locais cuja temperatura é superior a 40°C? Como esse problema pode ser contornado?

6) Em geral, o rendimento dos motores elétricos é maior do que o dos motores a gasolina. É possível construir um motor térmico (a gasolina) com maior rendimento que um elétrico?

Esses são de vestibular

1) (Unicamp) Um aluno simplesmente sentado numa sala de aula dissipa uma quantidade de energia equivalente à de uma lâmpada de 100W. O valor energético da gordura é de 9,0 kcal/g. Para simplificar, adote 1 cal = 4,0 J.

- Qual o mínimo de quilocalorias que o aluno deve ingerir por dia para repor a energia dissipada?
- Quantos gramas de gordura um aluno queima durante uma hora de aula?

2) (PUC) A queima ou combustão é um processo em que há liberação de energia pela reação química de uma substância com o oxigênio.

a) Em uma residência, a dona-de-casa precisava aquecer 1 litro de água que estava a 36°C. Porém, o gás de cozinha acabou. Pensando no problema, teve a idéia de queimar um pouco de álcool etílico em uma espiriteira. Sabendo-se que o calor de combustão do álcool etílico é de 6400 kcal/kg e que no aquecimento perdeu-se 50% do calor para a atmosfera, determine o volume de álcool que deve ser queimado para aquecer a água até 100°C.

Dados: densidade do álcool: $d = 0,8 \text{ kg/l}$

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

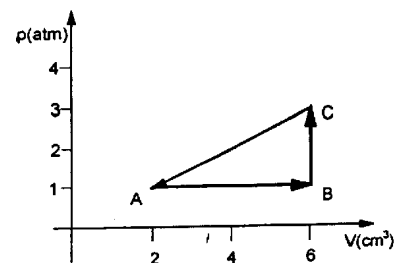
densidade da água: $d = 1 \text{ kg/l}$

b) Determine o rendimento de um motor que consome 6,0 g de gasolina por segundo e realiza, nesse tempo, um trabalho útil de 53.280 J.

Dados: Considere 1 cal \approx 4 J.

calor de combustão da gasolina = 11.100 kcal/kg ou 11.100 cal/g.

3) (Fatec) Um gás ideal sofre transformações segundo o ciclo dado no esquema $p \times V$ abaixo:



Dado: 1 atm = $1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

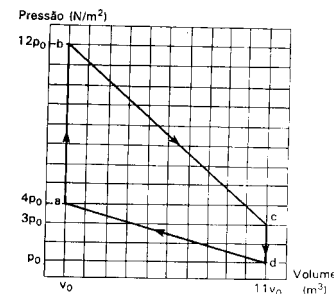
O trabalho total no ciclo **ABCA** é

- igual a -0,4 J, sendo realizado sobre o gás.
- igual a -0,8 J, significando que o gás está perdendo energia.
- realizado pelo gás, valendo +0,4 J.
- realizado sobre o gás, sendo nulo.
- nulo, sendo realizado pelo gás.

4) (UFRJ) Um sistema termodinâmico realiza o ciclo $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$, conforme é mostrado no diagrama pressão x volume da figura.

a) Calcule o trabalho realizado pelo sistema no ciclo $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$.

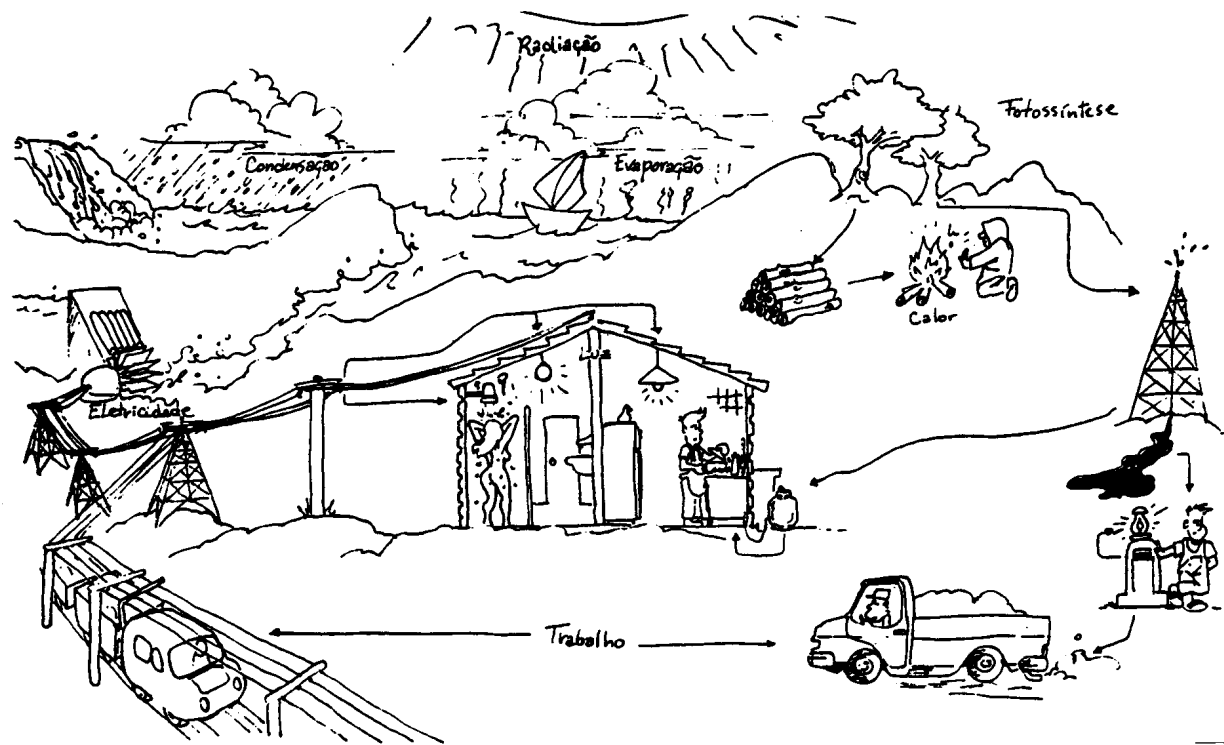
b) Calcule o saldo final de calor recebido pelo sistema no ciclo $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$.



—23—

Calor: presença universal

Tudo tem a ver com calor. Qual a conclusão?



O grau de aquecimento de um objeto é caracterizado numericamente por sua temperatura.

A luz do Sol é tragada pelas plantas na fotossíntese

Calor é a designação que se dá à energia trocada entre dois sistemas (como um objeto e o meio em que essa) quando esta troca é devida unicamente à diferença de temperatura entre eles.

Na natureza e nas técnicas ocorrem aquecimentos e transformações térmicas.

$$Q = \Delta U + \tau$$

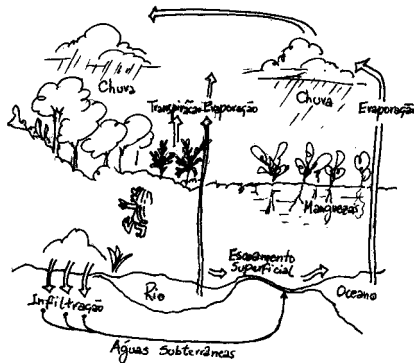
O Sol fornece o calor necessário para que ocorram os ciclos naturais

É impossível construir uma máquina que, operando em ciclos, transforme todo o calor em trabalho.

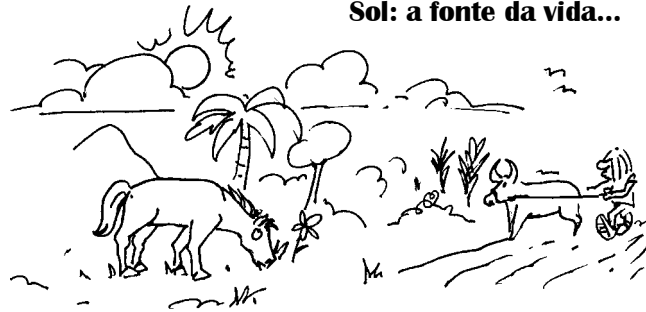


Nesta leitura final vamos ver alguns dos processos térmicos já discutidos e dar ênfase às transformações de energia.

Na natureza, o Sol fornece o calor necessário para que o ar, a água e o carbono tenham um ciclo. Também é devido à luz do Sol que as plantas realizam fotossíntese, absorvendo gás carbônico e produzindo material orgânico e oxigênio. Num processo inverso o homem inspira o oxigênio, liberando CO_2 , água e calor necessários a planta.



Sol: a fonte da vida...



NESSAS GRANDES TRANSFORMAÇÕES - A FOTOSSÍNTESE,
A RESPIRAÇÃO E A DECOMPOSIÇÃO - SE PROMOVE UMA
CIRCULAÇÃO DA ENERGIA PROVENIENTE DO SOL.

Também transformamos energia em nossas residências, nas indústrias e no lazer, sempre buscando o nosso conforto.

Na cozinha, por exemplo, a queima do gás butano transforma energia química em térmica, utilizada para cozinhar alimentos, que serão os combustíveis do nosso corpo. O compressor de uma geladeira faz o trabalho de comprimir o gás refrigerante que se condensa e vaporiza, retirando nessas transformações calor do interior da geladeira, liberando-o para o exterior.

Transformamos a energia química do combustível em energia cinética nos transportes. Também é do combustível

que provém a energia que aquece a água e o vapor nas termelétricas para a produção de energia elétrica.

EM TODAS ESSAS SITUAÇÕES A ENERGIA ASSUME
DIFERENTES FORMAS. NO TOTAL A ENERGIA SE
CONSERVA.

No estudo das máquinas térmicas (da turbina a vapor, do motor a combustão e da geladeira), vimos que é possível calcular o trabalho produzido a partir de uma quantidade de calor fornecida:

$$Q = \Delta U + \tau$$

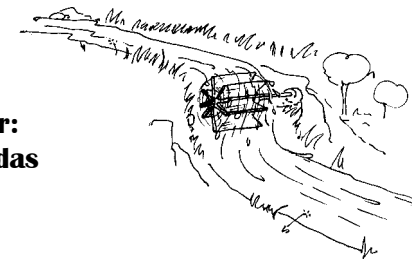
Esse primeiro princípio nos diz que a energia num sistema se conserva.

MAS, SE A ENERGIA NUNCA SE PERDE, POR QUE TEMOS DE
NOS PREOCUPAR COM O SEU CONSUMO?

Não podemos nos esquecer que parte da energia utilizada para realizar um trabalho é transformada em calor. Não conseguimos, por exemplo, mover um carro sem que seu motor esquente. Essa parcela de energia transformada em calor não pode ser reutilizada para gerar mais trabalho. Temos de injetar mais combustível para que um novo ciclo se inicie.

Numa hidrelétrica, a energia potencial da queda-d'água só estará novamente disponível porque o ciclo da água, que conta com o Sol como "fonte inesgotável de energia", se repete.

Como diz um ditado popular: "águas passadas não movem moinhos".



É necessário que a água do rio se vaporize, que o vapor de água se condense e que a chuva caia nas cabeceiras dos rios para que o volume da queda-d'água esteja novamente disponível.

Todas essas situações estão sintetizadas no segundo princípio da termodinâmica:

"É IMPOSSÍVEL CONSTRUIR UMA MÁQUINA QUE, OPERANDO EM CICLOS, TRANSFORME TODA A ENERGIA EM TRABALHO", OU SEJA, AO SE REALIZAR TRABALHO COM UMA MÁQUINA QUE OPERE EM CICLOS, PARTE DA ENERGIA EMPREGADA É DISSIPADA NA FORMA DE CALOR.

Assim, embora não ocorra uma perda de energia, ocorre uma perda da oportunidade de utilizá-la. É por isso também que temos de nos preocupar com o consumo de energia; as reservas são limitadas.

Ao transformar energia de uma forma em outra, utilizando máquinas, sempre contribuímos para aumentar a energia desordenada (calor) do meio ambiente.

Os físicos chamam de **entropia** a medida quantitativa dessa desordem:

Entropia x vida

Nos processos em que não ocorrem dissipações de energia a entropia não se altera, enquanto nos processos em que ocorrem trocas de calor com o meio ambiente, a entropia aumenta, pois aumenta a energia desordenada.

Podemos afirmar que no universo a maior parte dos processos térmicos libera calor para o meio ambiente, o que significa que o universo se desenvolve espontaneamente de estados de menor desordem a estados de maior desordem, ou seja a entropia do universo aumenta com o passar do tempo.

Em seu livro *Caos*, James Cleick afirma que:

"A segunda Lei é uma espécie de má notícia técnica dada pela ciência, e que se firmou muito bem na cultura não-científica. Tudo tende para a desordem. Qualquer processo que converte energia de uma forma para outra tem de perder um pouco dessa energia como calor. A eficiência perfeita é impossível. O universo é uma rua de mão única. A entropia tem de aumentar sempre no universo e em qualquer sistema hipotético isolado. Como quer que se expresse, a Segunda Lei é uma regra que parece não ter exceção".

Esse crescimento da entropia, entretanto, pode ocorrer com maior ou menor rapidez.

Por exemplo, numa região desértica onde quase não existe vida, a energia recebida do Sol é absorvida pelo solo e devolvida ao ambiente quase imediatamente como calor; rapidamente prevalece a energia desorganizada, e o crescimento da entropia é rápido.

Já numa floresta, a presença de energia organizada é muito grande, existem milhões de seres vivos, vegetais e animais, e a energia recebida do Sol é armazenada em formas organizadas de energia antes de ser degradada. A vida é abundante e o processo de degradação mais lento, portanto o aumento da entropia é mais lento.

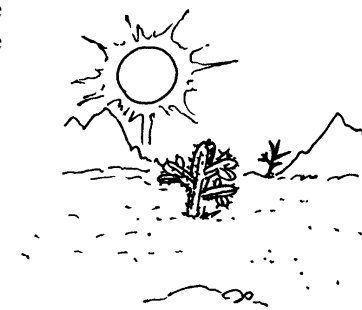
A circulação e transformação de energia solar pelas plantas, através da fotossíntese e conseqüentemente pelos animais que se alimentam das plantas e pelos animais que se alimentam de outros animais, mantêm o ciclo da vida, e do ponto de vista da Física Térmica pode-se dizer que:

" A vida é um sistema auto organizado que, de certa forma, deixa mais lento o crescimento da entropia "

NUMA FLORESTA A LUZ DO SOL
PROMOVE VIDA. O CRESCIMENTO
DA ENTROPIA É MAIS LENTO.



NUM DESERTO A LUZ DO SOL É
LOGO DEVOLVIDA EM CALOR.
O CRESCIMENTO DA ENTROPIA
É MAIS RÁPIDO.





A VIDA É DURA.

A VIDA É BELA.

A VIDA É UM DOM DE DEUS.

A VIDA É SAGRADA.

VIVER É PERIGOSO.

A VIDA É UMA AVENTURA.

Os biólogos caracterizam a vida como uma manifestação de energia em todas as suas formas: movimento, calor e vibrações. Os seres vivos são capazes de se manter no seu meio ambiente e de reproduzir-se.

Os bioquímicos afirmam que as moléculas orgânicas que constituem os seres vivos, formadas por átomos de carbono ligados a átomos de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e outros elementos em menor quantidade, são as mais complexas que existem e por isso têm maior capacidade de conter energia.

Ao finalizar estas leituras de Física Térmica vamos apresentar um trecho do livro *Gaia*, de J. E. Lovelock, em que ele se refere à vida.

A tradução desse livro foi feita por Maria Georgina Segurado, em Portugal, e ele foi distribuído aos países de língua portuguesa. Por isso, você vai estranhar a ortografia de algumas palavras e a construção de certas frases.

Gaia

Um novo olhar sobre a vida na Terra.

J. E. Lovelock (pág. 20)

"No decurso do presente século, alguns físicos tentaram definir a vida. Bernal, Schroedinger e Winger, todos eles chegaram à mesma conclusão geral de que a vida é um membro da classe de fenómenos que são sistemas abertos e contínuos capazes de diminuir a sua entropia interna à custa de substâncias ou de energia natural retirada do meio envolvente e posteriormente rejeitadas numa forma decomposta. Esta definição é não só difícil de depreender mas demasiado geral para ser aplicada à detecção específica de vida. Uma paráfrase rudimentar poderia ser o facto de a vida constituir um daqueles processos que surjem onde quer que haja um fluxo abundante de energia. Caracteriza-se por uma tendência para se moldar ou formar enquanto está a ser consumida, mas para o fazer, deve sempre libertar para o meio envolvente produtos de qualidade inferior.

Vemos agora que esta definição poderia ser igualmente aplicada a redemoinhos no curso de um rio, a furacões, a chamas ou mesmo frigoríficos e muitas outras invenções do homem. Uma chama assume uma forma característica ao arder e estamos agora perfeitamente conscientes de que o calor agradável e o bailado das chamas de uma fogueira se pagam com a libertação de calor de escape e gases poluentes. A entropia é reduzida localmente pela formação de chamas, mas a capacidade total de energia aumenta durante o consumo de combustível.

No entanto, apesar do seu carácter demasiado vasto e vago, esta classificação da vida indica-nos, pelo menos, a direcção correcta. Sugere, por exemplo, a existência de uma fronteira, ou interface, entre a zona de "produção", onde o fluxo de energia ou as matérias-primas são utilizadas e a entropia é conseqüentemente reduzida, e o meio envolvente, que recebe os resíduos libertados. Sugere também que os processos vitais requerem um fluxo de energia superior a um valor por forma a manter-se o seu funcionamento."

Neste mesmo livro, classificado no índice em "Definição e explicação de alguns termos", encontramos:

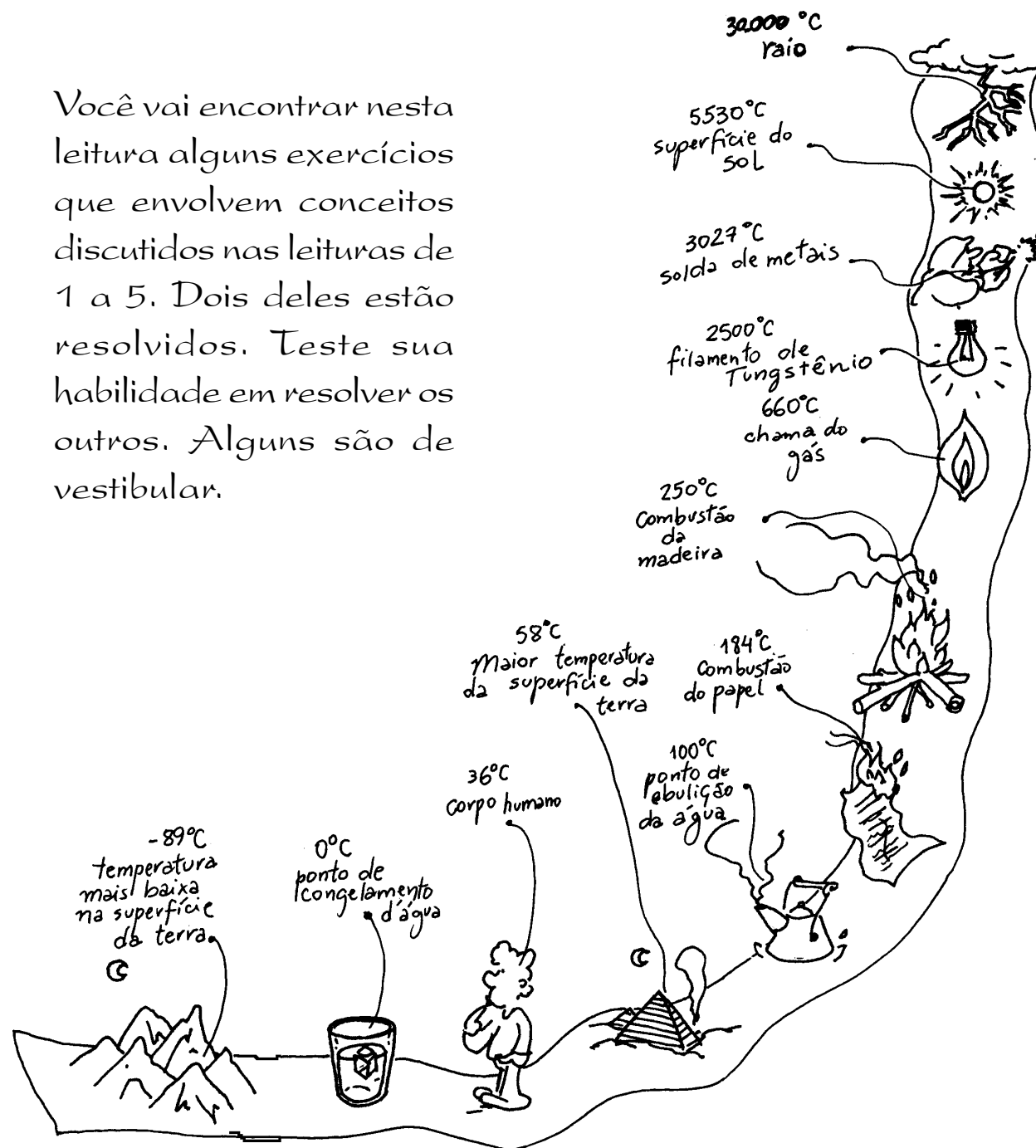
"Vida - Um estado vulgar da matéria que se encontra à superfície da Terra e em todos os seus oceanos. Compõe-se de complicadas combinações dos elementos hidrogênio, carbono, oxigênio, azoto, enxofre e fósforo, com muitos outros elementos em quantidades menores. A maior parte das formas de vida pode ser reconhecida de imediato sem experiência anterior e muitas são comestíveis. No entanto, o estado de vida tem resistido a todas as tentativas de uma definição física formal."

- C1 -

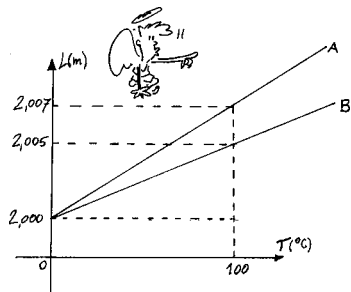
Medida e controle de temperatura

Temos de prever as variações de temperatura que ocorrem na natureza e controlar os aquecimentos produzidos nas técnicas.

Você vai encontrar nesta leitura alguns exercícios que envolvem conceitos discutidos nas leituras de 1 a 5. Dois deles estão resolvidos. Teste sua habilidade em resolver os outros. Alguns são de vestibular.



C1 Medida e controle de temperatura



Como o comprimento inicial é o mesmo para as duas barras, podemos escrever:

$$L_{0A} = L_{0B} = L_0 = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

1- Na figura está representado o gráfico de comprimento L de duas barras, A e B, em função da temperatura. Sejam α_A e α_B os coeficientes de dilatação linear das barras A e B respectivamente. Determine:

- Os valores dos coeficientes α_A e α_B ;
- A temperatura em que a diferença entre a dilatação das barras seria igual a 0,3 cm.

Resolução:

$$\text{a) Como } \Delta L = \alpha L_0 \Delta T, \text{ então: } \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

Pelo gráfico podemos escrever que:

$$\alpha_A = \frac{\Delta L_A}{L_0 \Delta T} = \frac{2,007 - 2,000}{2,000 \times 100} = \frac{0,007}{200}$$

$$\alpha_A = 35 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\alpha_B = \frac{\Delta L_B}{L_0 \Delta T} = \frac{2,005 - 2,000}{2,000 \times 100} = \frac{0,005}{200}$$

$$\alpha_B = 25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

b) Para a mesma variação de temperatura (ΔT), temos:

$$\Delta L_A - \Delta L_B = L_0 \Delta T (\alpha_A - \alpha_B)$$

$$0,3 = 200 \times \Delta T (35 \times 10^{-6} - 25 \times 10^{-6})$$

$$\Delta T = \frac{0,3}{200 \times 10 \times 10^{-6}} = \frac{0,3}{2 \times 10^{-3}} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Como:

$$\Delta L_A = L_0 \alpha_A \Delta T$$

$$\Delta L_B = L_0 \alpha_B \Delta T$$

$$\Delta L_A - \Delta L_B = 0,3 \text{ cm}$$

2- Um pino de aço ($\gamma = 31,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) é colocado, com pequena folga, em um orifício existente numa chapa de cobre ($\gamma = 50,4 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Analise as afirmativas seguintes e indique qual delas está errada:

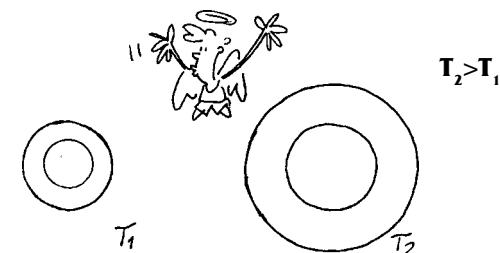
- Aquecendo-se apenas o pino, a folga diminuirá.
- Aquecendo-se apenas a chapa, a folga aumentará.
- Ambos sendo igualmente aquecidos, a folga aumentará.
- Ambos sendo igualmente aquecidos, a folga não irá se alterar.
- Ambos sendo igualmente resfriados, a folga irá diminuir.

Resolução:

As alternativas verdadeiras são: **a, b, c, e.**

a) Se aquecermos só o pino, ele se dilatará e o orifício da chapa não se alterará. Portanto, a folga diminuirá.

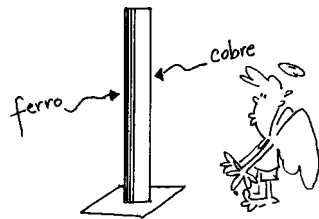
b) Aquecendo-se a chapa, o orifício se dilatará como se estivesse preenchido com cobre. Isso acontece porque as moléculas se afastam umas das outras quando aquecidas. Portanto, a folga aumentará.



c) Como o coeficiente de dilatação do cobre é maior do que o do aço, aquecendo-se o pino e a chapa a folga aumentará.

e) Como o coeficiente de dilatação do cobre é maior do que o do aço, resfriando-se o pino e a chapa, esta resfriará mais e a folga diminuirá.

3- Constrói-se uma lâmina bimetálica rebitando-se uma lâmina de cobre ($\gamma_{\text{Cu}} = 50,4 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) a uma de ferro ($\gamma_{\text{Fe}} = 34,2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$). Na temperatura ambiente (22°C) a lâmina encontra-se reta e é colocada na vertical, fixa a um suporte. Pode-se afirmar que:



I- a 80°C , a lâmina se curvará para a esquerda.

II- a 80°C , a lâmina se curvará para a direita.

III- a lâmina de maior coeficiente de dilatação sempre fica na parte externa da curvatura, qualquer que seja a temperatura.

IV- quanto maior for o comprimento das lâminas a 22°C , maior será a curvatura delas, seja para temperaturas maiores, seja para menores do que 22°C .

Analisando cada afirmação, identifique a alternativa correta.

a) Somente a I é verdadeira.

b) Somente a II é verdadeira.

c) As afirmações II e IV são verdadeiras.

d) As afirmações I, III e IV são verdadeiras.

e) São verdadeiras as afirmações I e IV.

4- Para tampar um buraco de rua utilizou-se uma chapa de aço quadrada de 2 m de lado numa noite em que a temperatura estava a 10°C . Que área terá a chapa quando exposta ao sol a uma temperatura de 40°C ? O coeficiente de dilatação volumétrica do aço é de $31,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

5- O diâmetro externo de uma arruela de metal é de 2,0 cm e seu diâmetro interno mede 1,0 cm. Aquecendo-se a arruela, verifica-se que seu diâmetro externo aumenta de Δx . Então, podemos concluir que seu diâmetro interno:

a) diminui de Δx .

b) diminui de $\Delta x/2$.

c) aumenta de $\Delta x/2$.

d) aumenta de Δx .

e) não varia.

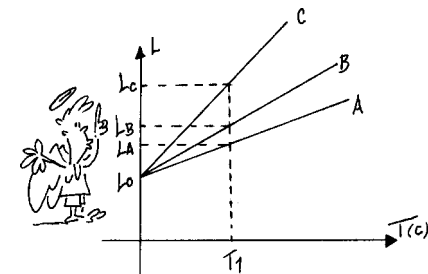
6- O gráfico ilustra a dilatação de 3 barras metálicas, A, B e C, de materiais diferentes, que se encontram inicialmente a 0°C , sendo, nessa temperatura, seus comprimentos iguais. Seus coeficientes médios de dilatação linear são respectivamente, α_A , α_B e α_C . Podemos afirmar que:

I- $\alpha_A = \alpha_C$

III- $\Delta L_B > \Delta L_A$

II- $\frac{\alpha_C}{\alpha_A} = \frac{L_A}{L_C}$

IV- $\alpha_C > \alpha_A$



Analisando cada afirmação, identifique a alternativa correta.

a) I e III são verdadeiras.

b) I e II são verdadeiras.

c) III e IV são verdadeiras.

d) somente a III é verdadeira.

e) somente a II é verdadeira.

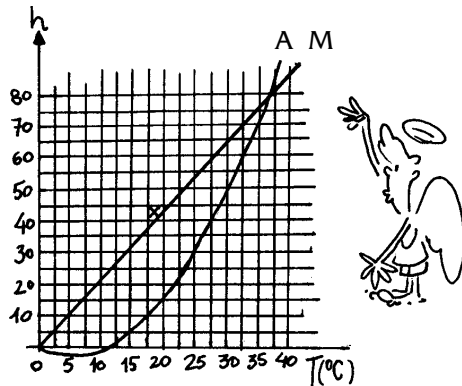
Estes são de vestibular

C1.1- (Fuvest) Dois termômetros de vidro idênticos, um contendo mercúrio (M) e outro água (A), foram calibrados entre 0°C e 37°C, obtendo-se as curvas M e A, da altura da coluna do líquido em função da temperatura. A dilatação do vidro pode ser desprezada. Considere as seguintes afirmações:

I- o coeficiente de dilatação do mercúrio é aproximadamente constante entre 0 °C e 37 °C.

II- Se as alturas das duas colunas forem iguais a 10 mm, o valor da temperatura indicada pelo termômetro de água vale o dobro da indicada pelo de mercúrio.

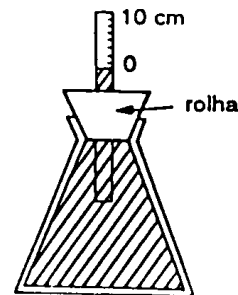
III- No entorno de 18°C o coeficiente de dilatação do mercúrio e o da água são praticamente iguais.



Podemos afirmar que só estão corretas as afirmações:

- I, II e III
- I e II
- I e III
- II e III
- I

C1.2- (PUC) A fim de estudar a dilatação dos líquidos, um estudante encheu completamente um recipiente com água (vide figura a seguir). Adaptou na boca do recipiente uma rolha e um tubinho de diâmetro igual a 2 mm. Quando o sistema foi aquecido, a água dilatou-se. Considerando que o recipiente e o tubinho não sofreram dilatação e que não houve perda de calor do sistema para o meio, determine a variação de temperatura que a água sofreu, até encher o tubinho por completo.



Dados:

coef. de dil. volumétrico da água: $\gamma = 210 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

volume da água a temperatura inicial: $v_0 = 5 \times 10^5 \text{ mm}^3$

Considere: $\pi = 3,15$

C1.3- (UFRJ) Em uma escala termométrica, que chamaremos de Escala Médica, o grau é chamado de grau médico e representado por °M. A escala médica é definida por dois procedimentos básicos: no primeiro, faz-se corresponder 0°M a 36°C e 100°M a 44°C; no segundo, obtém-se uma unidade °M pela divisão do intervalo de 0°M a 100°M em 100 partes iguais.

a) Calcule a variação em graus médicos que corresponde à variação de 1°C.

b) Calcule, em graus médicos, a temperatura de um paciente que apresenta uma febre de 40°C.

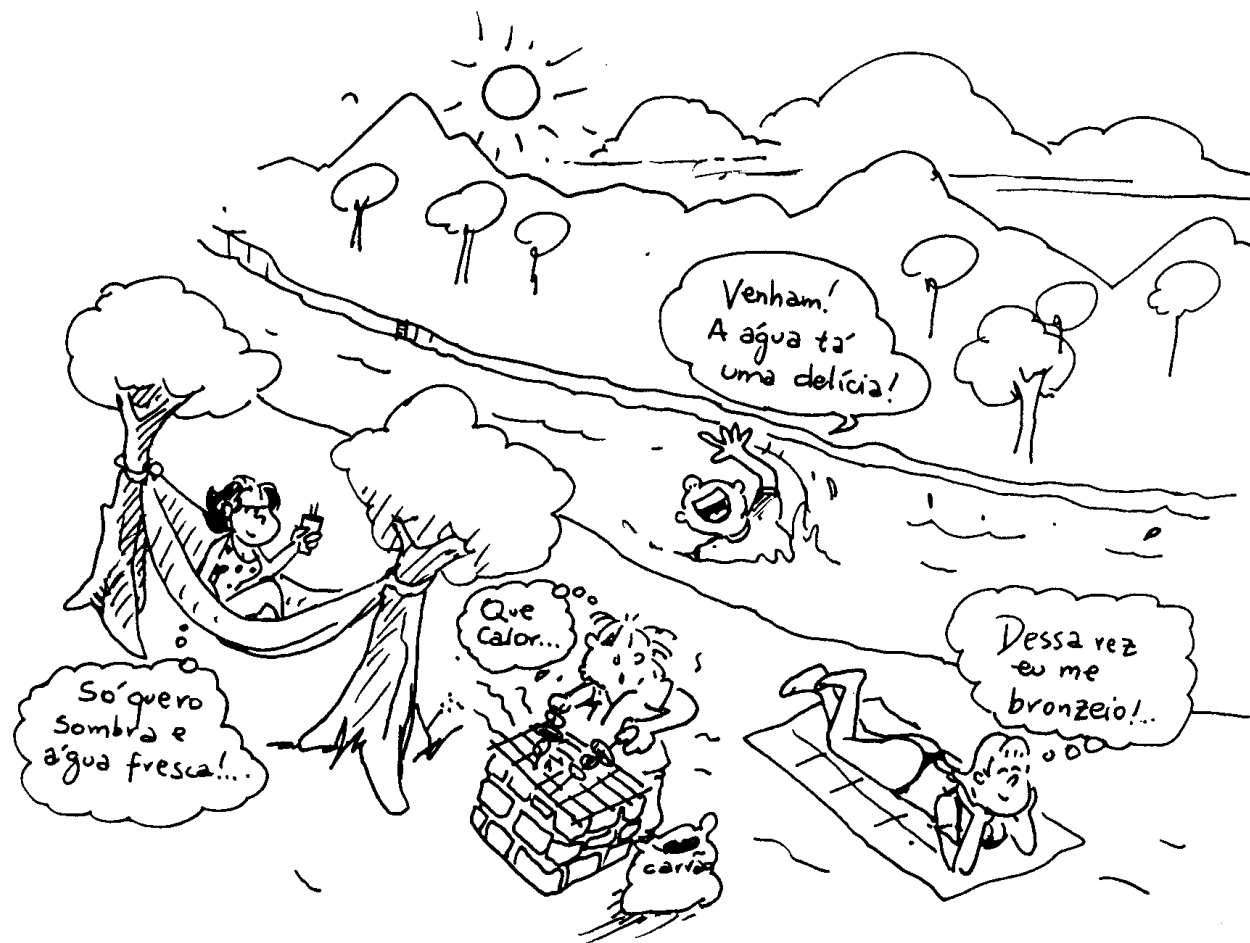
Pesquise entre os entendidos em bebida...

Por que uma garrafa de cerveja deixada muito tempo no congelador da geladeira estoura, enquanto uma de vodka não?



Fontes e trocas de calor

A energia do Sol chegando à Terra e sendo trocada entre os elementos. Os aquecimentos produzidos pelo homem.



Os conceitos físicos envolvidos nas trocas de calor na natureza e nas técnicas, discutidos nas leituras 6 a 13 estão presentes nos exercícios desta leitura. Algumas questões e problemas são um teste para você.



Algumas questões.

1- Em dias quentes as pessoas gostam de pisar em chão coberto com cerâmica, pois "sentem" que é mais frio que o carpete.

Essa "sensação" significa que a cerâmica se encontra a uma temperatura inferior à do carpete?

2- Por que panelas de barro são usadas para preparar alguns alimentos e servi-los quentes à mesa enquanto as de alumínio só são usadas para levar o alimento ao fogo?

(Consulte a tabela dos coeficientes de condutibilidade)

3- No interior das saunas existem degraus largos para as pessoas se acomodar.

Em qual degrau fica-se em contato com o vapor mais quente? Por quê?

4- Por que os forros são importantes no conforto térmico de uma residência?

Com o uso da tabela de coeficientes de condutividade, escolha entre os materiais usuais aquele que melhor se adapta à função do forro.

5- Quando aproximamos de uma chama um cano metálico no qual enrolamos apertado um pedaço de papel, podemos observar que o papel não queima.

Entretanto, se repetirmos a experiência com o papel enrolado num cabo de madeira, o papel pega fogo. Explique o porquê.

6- A serragem é um isolante térmico melhor do que a madeira. Dê uma explicação para esse fato.

7- Na indústria encontramos uma grande variedade de tipos de forno.

Na indústria metalúrgica existem fornos eletrotérmicos para retirar impurezas de metais, neles o metal a ser purificado é atravessado pela corrente elétrica, aquecendo o forno para a sua purificação.

Um outro tipo de forno interessante é o utilizado para a fabricação do cimento: o combustível (carvão) e o material que se quer aquecer (calcário) são misturados e queimam junto para se conseguir extrair depois o produto final.

Pesquise sobre os altos-fornos utilizados na metalurgia e na laminação de metais: as suas especificidades, os dispositivos de segurança necessários para o seu funcionamento, as temperaturas que atingem etc.

8- Quando se planejou a construção de Brasília num planalto do Estado de Goiás, uma região seca, de clima semi-árido, uma das primeiras providências foi a de formar um lago artificial, o lago Paranoá.

Discuta a importância do lago nas mudanças de clima da região levando em conta o calor específico da água.

9- No inverno gostamos de tomar bebidas quentes e procuramos comer alimentos mais energéticos, como sopas e feijoada, e em maior quantidade.

Você acha que temos necessidade de nos alimentar mais no inverno? Discuta.

Alguns problemas

1- Uma chaleira de alumínio de 600 g contém 1.400 g de água a 20 °C. Responda:

a) Quantas calorias são necessárias para aquecer a água até 100 °C?

b) Quantos gramas de gás natural são usados nesse aquecimento se a perda de calor para a atmosfera for de 30%?

Dados:

A tabela 12-1 fornece os calores específicos:

$$c_{Al} = 0,21 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} \quad \text{e} \quad c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

A tabela 7-1 fornece o calor de combustão:

$$C_{\text{gás natural}} = 11.900 \text{ kcal/kg}$$

$$\text{Se: } m_{Al} = 600 \text{ g}$$

$$m_{\text{água}} = 1.400 \text{ g}$$

$$t_i = 20^\circ\text{C}$$

$$t_f = 100^\circ\text{C} \quad \text{portanto} \quad \Delta t = 80^\circ\text{C}$$

Resolução:

a) A quantidade de calor necessária para aquecer a chaleira é:

$$Q_{Al} = m_{Al} \times c_{Al} \times \Delta t$$

$$Q_{Al} = 600 \times 0,21 \times 80$$

$$Q_{Al} = 10.080 \text{ cal}$$

A quantidade de calor necessária para aquecer a água é:

$$Q_{\text{água}} = m_{\text{água}} \times c_{\text{água}} \times \Delta t$$

$$Q_{\text{água}} = 1.400 \times 1 \times 80$$

$$Q_{\text{água}} = 10.080 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{Al} + Q_{\text{água}}$$

$$Q_{\text{total}} = 10.080 + 112.000$$

$$Q_{\text{total}} = 122.080 \text{ cal} = 122,080 \text{ kcal}$$

b) Como a perda de calor é de 30%, somente 70% do calor de combustão aquece a chaleira:

$$70\% \text{ de } 11.900 = 8.330 \text{ kcal/kg}$$

$$1 \text{ kg} \Rightarrow 8.330 \text{ kcal}$$

$$X \Rightarrow 122,08 \text{ kcal}$$

$$X = \frac{122,08}{8.330} \cong 0,0147 \text{ kg}$$

ou seja, são necessários 14,7 g de gás natural.

2- Um pedaço de metal de 200 g que está à temperatura de 100°C é mergulhado em 200 g de água a 15°C para ser resfriado. A temperatura final da água é de 23°C.

a) Qual o calor específico do material?

b) Utilizando a tabela de calor específico, identifique o metal.

3- Um atleta envolve sua perna com uma bolsa de água quente contendo 600 g de água à temperatura inicial de 90°C. Após 4 horas ele observa que a temperatura da água é de 42°C. A perda média de energia da água por unidade de tempo é ($c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$):

a) 2,0 cal/s

b) 18 cal/s

c) 120 cal/s

d) 8,4 cal/s

e) 1,0 cal/s



Esses são de vestibular.

1) (Fuvest) Dois recipientes de material termicamente isolante contêm cada um 10 g de água a 0°C. Deseja-se aquecer até uma mesma temperatura o conteúdo dos dois recipientes, mas sem misturá-los. Para isso é usado um bloco de 100 g de uma liga metálica inicialmente à temperatura de 90°C. O bloco é imerso durante um certo tempo num dos recipientes e depois transferido para o outro, nele permanecendo até ser atingido o equilíbrio térmico. O calor específico da água é dez vezes maior que o da liga. A temperatura do bloco, por ocasião da transferência, deve então ser igual a:

- a) 10°C b) 20°C c) 40°C d) 60°C e) 80°C

Resolução:

Seja t_E a temperatura de equilíbrio térmico. Para o primeiro recipiente temos:

$$Q_{\text{cedido liga}} = Q_{\text{recebido água}}$$

$$m_1 \times c_1 \times (t_1 - t_2) = m_2 \times c_2 \times t_E$$

$$100 \times \frac{c}{10} (90 - t_E) = 10 \times c \times t_E \Rightarrow 90 - t_2 = t_E$$

$$t_E + t_2 = 90 \quad (1)$$

Para o segundo recipiente temos:

$$Q_{\text{cedido liga}} = Q_{\text{recebido água}}$$

$$m_1 \times c_1 \times (t_1 - t_2) = m_2 \times c_2 \times t_E$$

$$100 \times \frac{c}{10} (t_2 - t_E) = 10 \times c \times t_E \Rightarrow t_2 - t_E = t_E$$

Substituindo (2) em (1) vem: $\frac{t_2}{2} = t_E \quad (2)$

$$\frac{t_2}{2} + t_2 = 90 \Rightarrow \frac{3}{2} \times t_2 = 90 \Rightarrow t_2 = 60^\circ\text{C}$$

2) (PUC) A queima ou combustão é um processo em que há liberação de energia pela reação química de uma substância com o oxigênio.

a) Em uma residência, a dona-de-casa precisava aquecer 1 litro de água que estava a 36°C. Porém, o gás de cozinha acabou. Pensando no problema, teve a idéia de queimar um pouco de álcool etílico em uma espiriteira.

Sabendo que o calor de combustão do álcool etílico é de 6.400 kcal/kg e que no aquecimento perdeu-se 50% do calor para a atmosfera, determine o volume de álcool que deve ser queimado para aquecer a água até 100°C.

Dados:

densidade do álcool: $d = 0,8 \text{ kg/l}$

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

densidade da água: $d = 1 \text{ kg/l}$

3) (Fuvest) Calor de combustão é a quantidade de calor liberada na queima de uma unidade de massa do combustível. O calor de combustão do gás de cozinha é 6.000 kcal/kg. Aproximadamente quantos litros de água à temperatura de 20°C podem ser aquecidos até a temperatura de 100°C com um bujão de gás de 13 kg? Despreze perdas de calor.

- a) 1 litro b) 10 litros c) 100 litros d) 1000 litros e) 6000 litros

4) (Fuvest) Um bloco de massa 2,0 kg, ao receber toda a energia térmica liberada por 1000 gramas de água que diminuem a sua temperatura de 1°C, sofre acréscimo de temperatura de 10°C. O calor específico do bloco, em cal/g·°C, é:

- a) 0,2 b) 0,1 c) 0,15 d) 0,05 e) 0,01

5) (Fuvest) Num forno de microondas é colocado um vasilhame contendo 3 kg de água a 10°C. Após manter o forno ligado por 14 min, se verifica que a água atinge a temperatura de 50°C. O forno é então desligado e dentro do vasilhame de água é colocado um corpo de massa 1 kg e calor específico $c = 0,2 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$, à temperatura inicial de 0°C. Despreze o calor necessário para aquecer o vasilhame e considere que a potência fornecida pelo forno é continuamente absorvida pelos corpos dentro dele. O tempo a mais que será necessário manter o forno ligado, na mesma potência, para que a temperatura de equilíbrio final do conjunto retorne a 50°C, é:

- a) 56 s b) 60 s c) 70 s d) 280 s e) 350 s

C3

Transformações térmicas

Mudanças de estado.

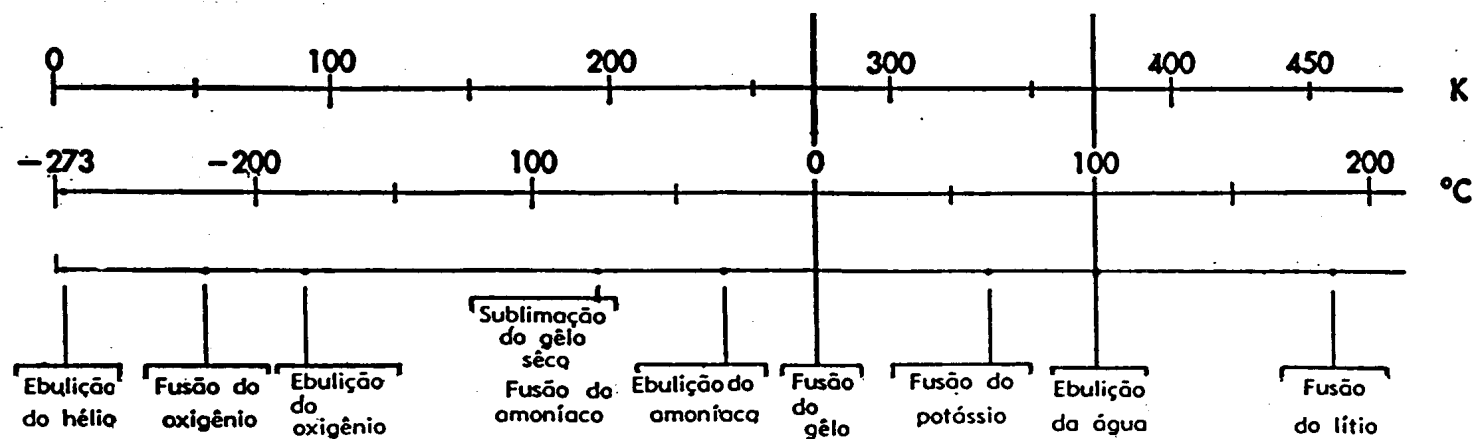
O zero absoluto.

Escala de temperatura
Kelvin.

Transformações
gasosas.

As transformações térmicas discutidas nas leituras 14 a 18 são retomadas nas questões e exercícios desta leitura.

Resolva os exercícios propostos.



Exercícios

- 1) Por que a forma de gelo gruda na mão quando a retiramos do congelador?
- 2) Observando a tabela de calor latente, qual substância seria sólida à temperatura ambiente (25°C)? Qual seria o estado de tais substâncias em um local cuja temperatura fosse -40°C (Sibéria)?
- 3) Usando a tabela de calores latentes entre o álcool e a água, qual causa mais resfriamento para evaporar?
- 4) Uma prática de medicina caseira para abaixar a febre é aplicar compressas de água e, em casos mais graves, o banho morno e o colete de álcool. Explique por que esses procedimentos funcionam.
- 5) Como se explica o fato de a água ferver a 40°C a grandes altitudes?
- 6) Em uma vasilha há um bloco de gelo de 100 g a 0°C. Qual a quantidade mínima de água a 20°C (temperatura ambiente) que deve ser colocada junto ao gelo para fundi-lo totalmente?

Resolução:

A quantidade de calor necessária para fundir o gelo é:

$$Q_f = m \cdot L_f, \text{ onde } L_f = 79,71 \text{ cal/g para o gelo}$$

$$Q_f = 100 \times 79,71 = 7.971 \text{ cal}$$

A quantidade de calor fornecida pela água é:

$$Q_{\text{água}} = m \cdot c \cdot \Delta t, \text{ onde } c = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{água}} = m \times 1(0 - 20)$$

Como a quantidade de calor recebida pelo gelo é igual à quantidade de calor perdida pela água (conservação da energia):

$$Q_{\text{água}} + Q_f = 0, \text{ ou seja, } Q_{\text{água}} = -Q_f$$

$$m \times 1(0 - 20) = -7.971$$

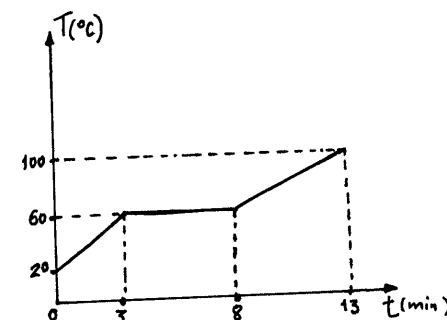
$$m = \frac{7.971}{20} \approx 398,5 \text{ g}$$

Estes são de vestibular

1) (UFPR) Um corpo de 100 g de massa é aquecido por uma fonte de calor de potência constante. O gráfico representa a variação da temperatura do corpo, inicialmente no estado sólido, em função do tempo. O calor específico desse material no estado sólido é de 0,6 cal/g°C; seu calor específico no estado líquido é 1,0 cal/g°C.

A potência da fonte e o calor de fusão da substância são de, respectivamente:

- a) 240 cal/min e 20 cal/g
- b) 240 cal/min e 40 cal/g
- c) 600 cal/min e 20 cal/g
- d) 800 cal/min e 20 cal/g
- e) 800 cal/min e 40 cal/g

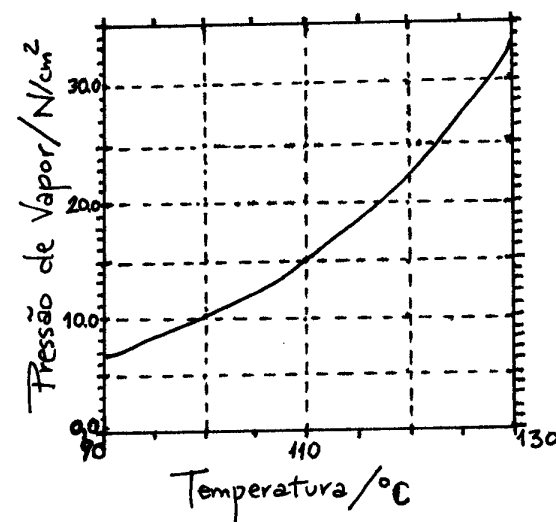


2) (Unicamp) Uma dada panela de pressão é feita para cozinhar feijão à temperatura de 110°C. A válvula da panela é constituída por um furo de área igual a 0,20 cm², tampado por um peso que mantém uma sobrepressão dentro da panela. A pressão de vapor da água (pressão em que a água ferve) como função da temperatura é dada pela curva abaixo. Adote g = 10 m/s².

a) Tire do gráfico o valor da pressão atmosférica em N/cm², sabendo que nessa pressão a água ferve a 100°C.

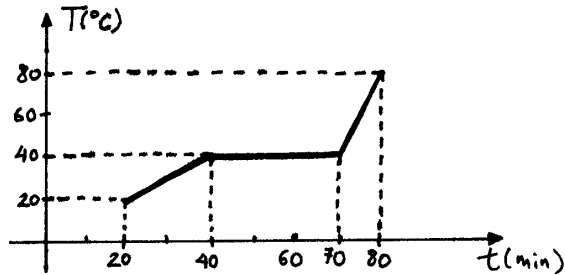
b) Tire do gráfico a pressão no interior da panela quando o feijão está cozinhando a 110°C.

c) Calcule o peso da válvula necessário para equilibrar a diferença de pressão interna e externa à panela.



Continuando com vestibular...

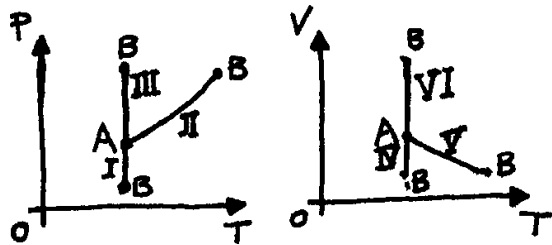
3) (Fuvest) Aquecendo-se 30 g de uma substância à razão constante de 30 cal/min, dentro de um recipiente bem isolado, sua temperatura varia com o tempo de acordo com a figura. A 40°C ocorre uma transição entre duas fases sólidas distintas.



a) Qual o calor latente da transição?

b) Qual o calor específico entre 70°C e 80°C?

4) (Fuvest) Uma certa massa de gás ideal sofre uma compressão isotérmica muito lenta, passando de um estado A para um estado B. As figuras representam diagramas TP e TV, sendo T a temperatura absoluta, V o volume e P a pressão do gás. Nesses diagramas, a transformação descrita acima só pode corresponder às curvas



a) I e IV

b) II e V

c) III e IV

d) I e VI

e) III e VI

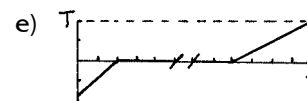
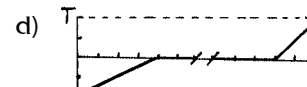
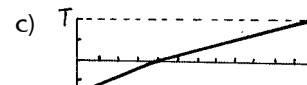
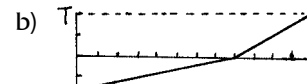
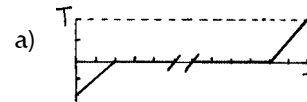
5) (FEI) Para resfriar bebidas em uma festa, colocaram as garrafas em uma mistura de água e gelo (a 0°C). Depois de algum tempo, perceberam que a mistura de água e gelo havia sofrido uma contração de 500 cm³ em seu volume. Sabendo-se que, no mesmo tempo, a mistura de água e gelo, sem as garrafas, sofreria uma contração de 200 cm³, devido à troca de calor com o meio, pode-se afirmar que a quantidade de calor fornecida pela garrafas a essa mistura, em kcal, foi:

Dados: densidade do gelo: 0,92 g/cm³

calor latente de fusão do gelo: 80 cal/g

a) 208 b) 233 c) 276 d) 312 e) 345

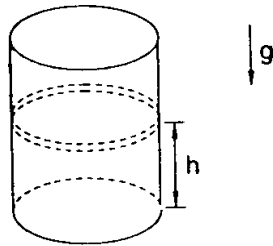
6) (Fuvest) Um bloco de gelo que inicialmente está a uma temperatura inferior a 0°C recebe energia a uma razão constante, distribuída uniformemente por toda sua massa. Sabe-se que o calor específico do gelo vale aproximadamente metade do calor específico da água. O gráfico que melhor representa a variação de temperatura T (em °C) do sistema em função do tempo t (em s) é:



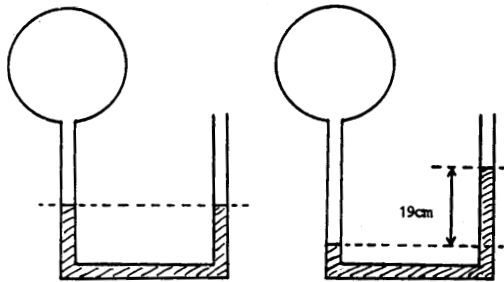
Continuando com o vestibular...

7) (Fuvest) O cilindro da figura é fechado por um êmbolo que pode deslizar sem atrito e está preenchido por uma certa quantidade de gás que pode ser considerado como ideal. À temperatura de 30°C , a altura h na qual o êmbolo se encontra em equilíbrio vale 20 cm (ver figura: h se refere à superfície inferior do êmbolo). Se, mantidas as demais características do sistema, a temperatura passar a ser 60°C , o valor de h variará de, aproximadamente:

- a) 5% b) 10% c) 20%
d) 50% e) 100%



8) (Fuvest) A figura mostra um balão, à temperatura $T_1 = 273^{\circ}\text{K}$, ligado a um tubo em U, aberto, contendo mercúrio. Inicialmente o mercúrio está nivelado. Aquecendo o balão até uma temperatura T_f , estabelece-se um desnível de 19 cm no mercúrio do tubo em U ($1\text{atm} = 760\text{ mm de Hg}$).



- a) Qual é o aumento de pressão dentro do balão?
b) Desprezando as variações de volume, qual o valor de T_f ?

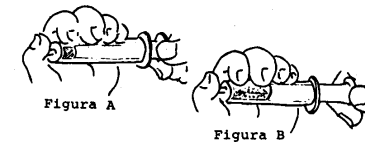
9) (Fuvest) Uma certa massa de gás ideal, inicialmente à pressão P_0 , volume V_0 e temperatura T_0 , é submetida à seguinte seqüência de transformações:

- 1) É aquecida a pressão constante até que a temperatura atinja o valor $2T_0$.
- 2) É resfriada a volume constante até que a temperatura atinja o valor inicial T_0 .
- 3) É comprimida a temperatura constante até que atinja a pressão inicial P_0 .

- a) Calcule os valores da pressão, temperatura e volume no final de cada transformação.
- b) Represente as transformações num diagrama pressão x volume.

10) (Fuvest) Enche-se uma seringa com pequena quantidade de água destilada a uma temperatura um pouco abaixo da temperatura de ebulição. Fechando o bico, como mostra a figura A, e puxando rapidamente o êmbolo, verifica-se que a água entra em ebulição durante alguns instantes (veja figura B). Podemos explicar esse fenômeno considerando que:

- a) na água há sempre ar dissolvido, e a ebulição nada mais é do que a transformação do ar dissolvido em vapor.
- b) com a diminuição da pressão a temperatura de ebulição da água fica menor do que a temperatura da água na seringa.
- c) com a diminuição da pressão há um aumento da temperatura da água na seringa.
- d) o trabalho realizado com o movimento rápido do êmbolo se transforma em calor, que faz a água ferver.
- e) o calor específico da água diminui com a diminuição da pressão.



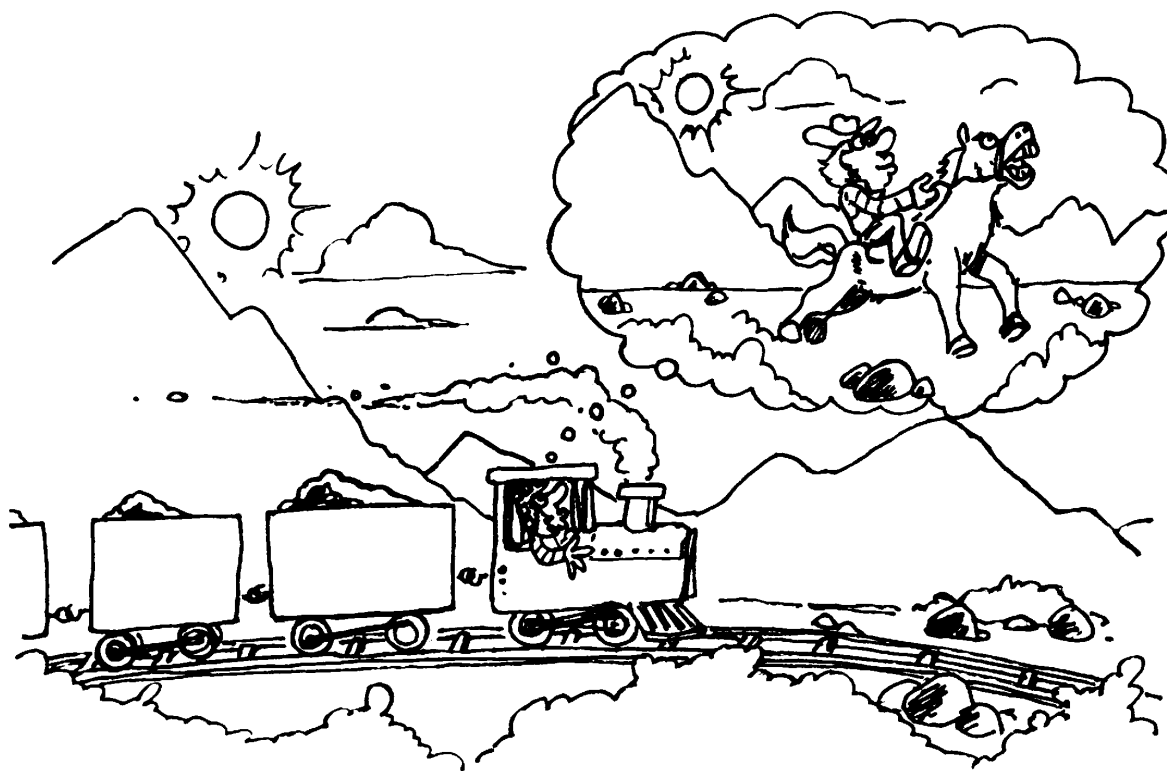
-C4-

Calor e produção

O uso do calor produzindo trabalho provoca a 1ª Revolução Industrial.

Você pode imaginar como era o dia-a-dia das pessoas na época em que ainda não existiam os refrigeradores ou os motores dos carros?

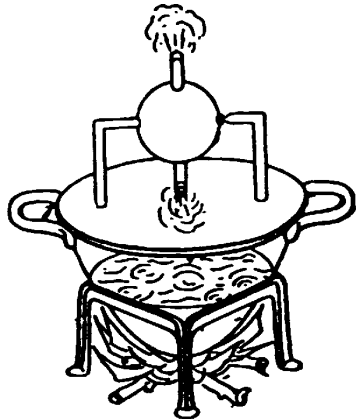
Mas como eles surgiram? Por que foram inventados? Em que princípios físicos se baseiam?



Vamos buscar algumas dessas respostas no passado.

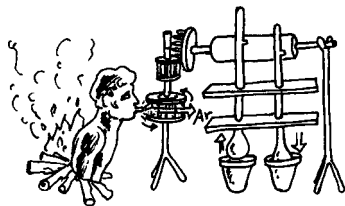
C4 Calor e produção

MÁQUINA DE HERON



A bola gira quando o vapor de água é ejetado pelos tubos de escape

PILÕES DE BRANCA



Um jato de vapor impulsionava uma roda de pás que, por meio de engrenagens, transmitia o seu movimento aos dois pilões

A primeira idéia de utilização do calor para produzir movimento de que se tem conhecimento surgiu na Idade Antiga.

Heron, um grego que viveu no I século d.c., descreve um aparelho que girava devido ao escape de vapor. Era um tipo elementar de turbina de reação usada, na época, como um "brinquedo filosófico". Essa descrição ficou perdida entre instrumentos de uso religioso.

De uma maneira geral as invenções gregas eram usadas para observação científica, para despertar a curiosidade das pessoas e como objetos de arte ou de guerra mas nunca para facilitar o trabalho humano.

As sociedades antigas, gregas e romanas, desprezavam o trabalho em si, pois contavam com o trabalho escravo; não podiam sequer imaginar uma máquina fazendo um trabalho para o homem.

Muito tempo depois, em 1629, uma aplicação prática que trabalhava com o vapor foi idealizada por um arquiteto italiano, Giovanni Branca. Esse engenho entretanto não funcionou, e a idéia ficou esquecida.

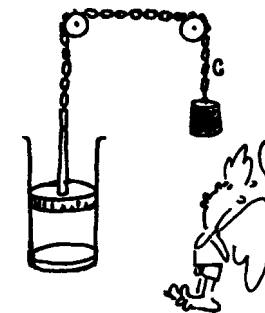
Em meados do século XVII, época de grande avanço das descobertas científicas, a construção dos termômetros permitiu a medida de temperatura das substâncias com bastante precisão, além da determinação de grandezas térmicas como o coeficiente de dilatação de alguns líquidos e os pontos de fusão e ebulição de vários materiais. São dessa época também os estudos feitos pelo italiano Torricelli sobre a pressão atmosférica e a descoberta de que a pressão atmosférica diminui com a altitude.

Em 1680, na Alemanha, Huygens idealizou uma máquina que utilizava a explosão da pólvora e a pressão atmosférica para produzir movimento e realizar um trabalho. Nessa época vários inventores procuravam utilizar a força explosiva da pólvora.

Denis Papin, assistente de Huygens, foi quem viu "vantagens" em usar vapor de água em lugar de explosão da pólvora.

A máquina que Papin construiu em 1690 consistia em um cilindro no qual corria um pistão conectado a uma barra. Uma pequena quantidade de água colocada no cilindro e aquecida externamente produzia vapor, que fazia o pistão subir, sendo aí seguro por uma presilha.

O cilindro é então resfriado e o vapor no seu interior se condensa. A presilha é solta manualmente e a pressão atmosférica força o pistão a baixar, levantando um peso C.



DISPOSITIVO DE PAPIN.

Nessa máquina, o cilindro acumulava a função de uma caldeira e de um condensador.

A máquina de Papin é considerada, hoje, a precursora da máquina a vapor, e a máquina de Huygens, que utilizava a explosão da pólvora como substância combustível, é considerada a precursora do motor a explosão.

Entretanto, não foi por esses protótipos que o motor a explosão ou a máquina a vapor conquistaram o mundo da indústria. Embora os seus princípios de funcionamento já estivessem estabelecidos, o motor a explosão só foi concebido depois de muitos anos do uso de bombas a vapor, chamadas de "bombas de fogo".

As bombas de fogo

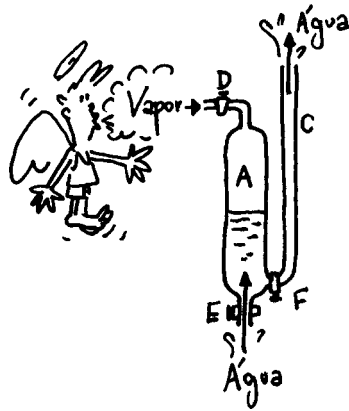
No final do século XVII as florestas da Inglaterra já tinham sido praticamente destruídas, e sua madeira utilizada como combustível. A necessidade de se usar o carvão de pedra como substituto da madeira levou os ingleses a desenvolver a atividade da mineração.

Um problema que surgiu com as escavações cada vez mais

profundas foi o de acúmulo de água no fundo das minas, o que poderia ser resolvido com a ajuda de máquinas.

Uma máquina foi desenvolvida para acionar as bombas que retiravam água do subsolo de cerca de 30 metros, elevando-a até a superfície, pois as bombas antigas só elevavam a água até 10,33 metros.

A primeira industrialização de uma "bomba de fogo" foi a máquina de Savery, em 1698.



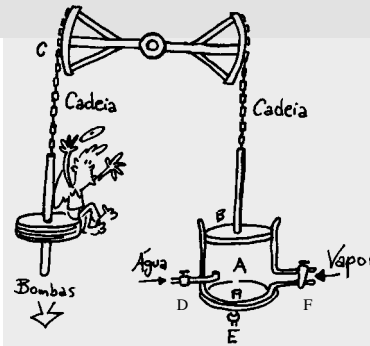
1- Entrada do vapor pela torneira D enquanto as torneiras E e F estão fechadas.

2- A torneira D é fechada e o vapor em A é condensado. Abre-se a torneira E e a água enche o reservatório.

3- Fecha-se a torneira E deixando D e F abertas. O vapor empurra a água para o tubo C.

A máquina de aspiração de Savery foi bastante usada, e ainda hoje, conhecida como pulsômetro, é empregada em esvaziamentos temporários. Entretanto, não oferecia segurança, consumia muito carvão para gerar vapor e era ineficiente em minas muito profundas.

Surge para substituí-la, em 1712, a máquina de Newcomen, usada nas minas até 1830. Sendo ainda uma "bomba de fogo" essa máquina que deriva da máquina de Huygens e Denis Papin consiste, como elas, em um cilindro provido de um pistão móvel; a caldeira é separada do cilindro, o que aumentou muito a segurança; o pistão é ligado a um balancim (braços de balança), que transmite às bombas o esforço da pressão atmosférica.



Máquina de Newcomen

- 1- vapor chega pela torneira F levantando o pistão.
- 2- F é fechada e por D entra um jato de água que condensa o vapor.
- 3- A pressão atmosférica age no pistão, empurrando-o para baixo e levantando o lado C (água das bombas).

Em 1763, James Watt, um fabricante e reparador de instrumentos de física, inglês de Glasgow, é chamado para consertar uma "bomba de fogo" modelo Newcomen. Admirando a máquina, Watt passa a estudá-la.

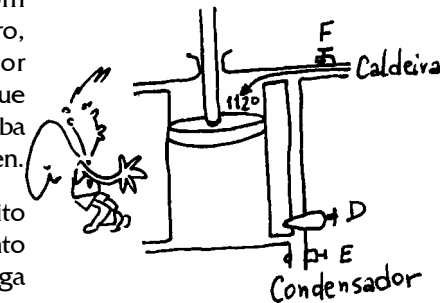
Percebendo o seu princípio de funcionamento e diagnosticando seus "pontos fracos", começa a procurar soluções em busca de um aperfeiçoamento. Descobre, na prática, a existência do calor latente, um conceito desenvolvido pelo sábio Black, também de Glasgow. Idealiza, então, uma outra máquina, com condensador separado do cilindro. Fechando o cilindro, na parte superior, a máquina opera com o vapor pressionado, o que a torna muito mais eficiente do que com o uso da pressão atmosférica. O rendimento da "bomba de fogo" de Watt era muito maior do que a de Newcomen.

Em 1781, Watt constrói sua máquina chamada de efeito duplo, que utiliza a biela para transformar o movimento de vaivém do pistão em movimento de rotação e emprega um volante que regulariza a velocidade de rotação e que passa a ser usada em larga escala nas fábricas.

A técnica nessa época tem um progresso intenso sem sofrer a influência da Física. Os conceitos teóricos sobre dilatação dos gases, por exemplo, ou o calor específico, só vão ser estabelecidos no século XIX. É também desse século, 1848, o surgimento da escala absoluta de temperatura, a escala Kelvin.

É uma verdadeira revolução industrial que ocorre diretamente da construção das "bombas de fogo" e adianta-se ao pensamento científico.

MÁQUINA DE WATT.



A locomotiva

Se a utilização do vapor nas bombas de fogo provocou uma revolução industrial no século XVII na Inglaterra, a sua aplicação nos transportes no século seguinte transformou a civilização ocidental.

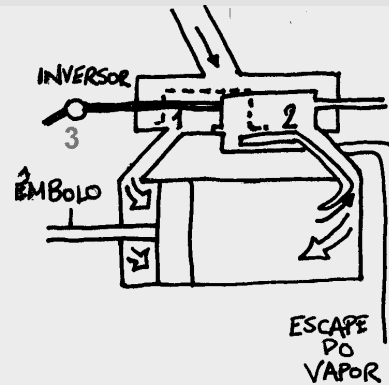
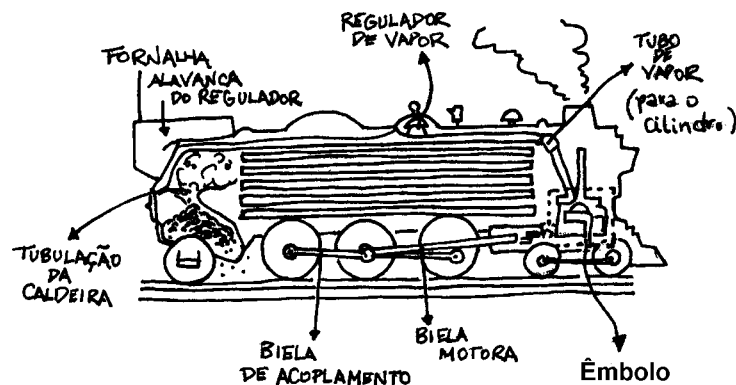
Um veículo de três rodas movido a vapor tinha sido construído por um francês, em 1771. O carro Cugnot, destinado a rebocar peças de artilharia, foi considerado o primeiro automóvel. O vapor utilizado como fonte de energia nos transportes, entretanto, alcançou sucesso com a locomotiva.

Reichard Trevithick, que em 1801 havia inventado uma carruagem a vapor, constrói a primeira locomotiva em 1804, que transportava 10 toneladas de carregamento ao longo de trilhos de ferro fundido.

No início do século XIX, George Stephenson, baseado nas idéias de Trevithick, contruiu uma locomotiva para passageiros que ligava Liverpool a Manchester. As ferrovias se expandiram por toda a Inglaterra, Bélgica, França e outros continentes. A locomotiva chegou ao Brasil em 1851, trazida pelo barão de Mauá, por isso apelidada de "baronesa" e foi a terceira da América do Sul: (Peru e Chile já haviam importado). Percorria uma linha férrea de 15 km que ligava a baía de Guanabara à serra. Com a expansão das ferrovias elas passaram a fazer concorrência à locomoção em estradas.

O princípio de funcionamento da locomotiva é o de um pistão que corre no interior de um cilindro munido de válvulas que controlam a quantidade de vapor, que chega proveniente da caldeira, e o escape dos gases.

A biela faz a conexão entre o pistão e o eixo das rodas. Ela transforma o movimento de vaivém do pistão em movimento de rotação das rodas.



Funcionamento do pistão

- 1 - Entrada do vapor.
- 2 - Escape dos gases.
- 3 - Inversor: válvula deslizante que fecha a saída (2) quando (1) está aberta e vice-versa.

O motor a explosão

Desde o século XVII que o princípio do motor a explosão tinha sido desvendado com os trabalhos realizados por inventores, entre eles Huygens, que utilizaram a explosão da pólvora num cilindro e a pressão atmosférica para produzir trabalho.

Esses experimentos entretanto não foram aperfeiçoados, e as máquinas a vapor (bombas de fogo) é que deram início à industrialização da Inglaterra.

O motor a explosão volta a fazer parte dos projetos de inventores em 1774, quando é patenteado pelo inglês Robert Street e em 1779 pelo francês Lebon.

Na Itália, entre 1850 e 1870, Eugene Barsanti e Felici Mattuci realizaram experiências com motores que utilizavam a explosão a gás.

Entretanto, é o motor do belga Etienne Lenoir, patenteado em 1860 na França, que vai ter êxito comercial. Esse motor, que chegou a ser utilizado no aperfeiçoamento de ferramentas em algumas indústrias, utilizava uma mistura de ar e gás de iluminação e depois de ar e petróleo para deslocar um pistão num cilindro.

O motor do automóvel só pôde ser concebido graças à idéia de Schmidt, e simultaneamente de Beau de Rochas, de comprimir pelo pistão a mistura de ar e combustível antes da explosão no cilindro. Por motivos financeiros, Beau de Rochas não pôde comercializá-lo. Esse motor, considerado o primeiro motor de combustão de quatro tempos, foi construído por Otto, na Alemanha.

A locomoção em estradas, o aparecimento da aviação e o aperfeiçoamento de máquinas são conseqüência da construção do motor a combustão.