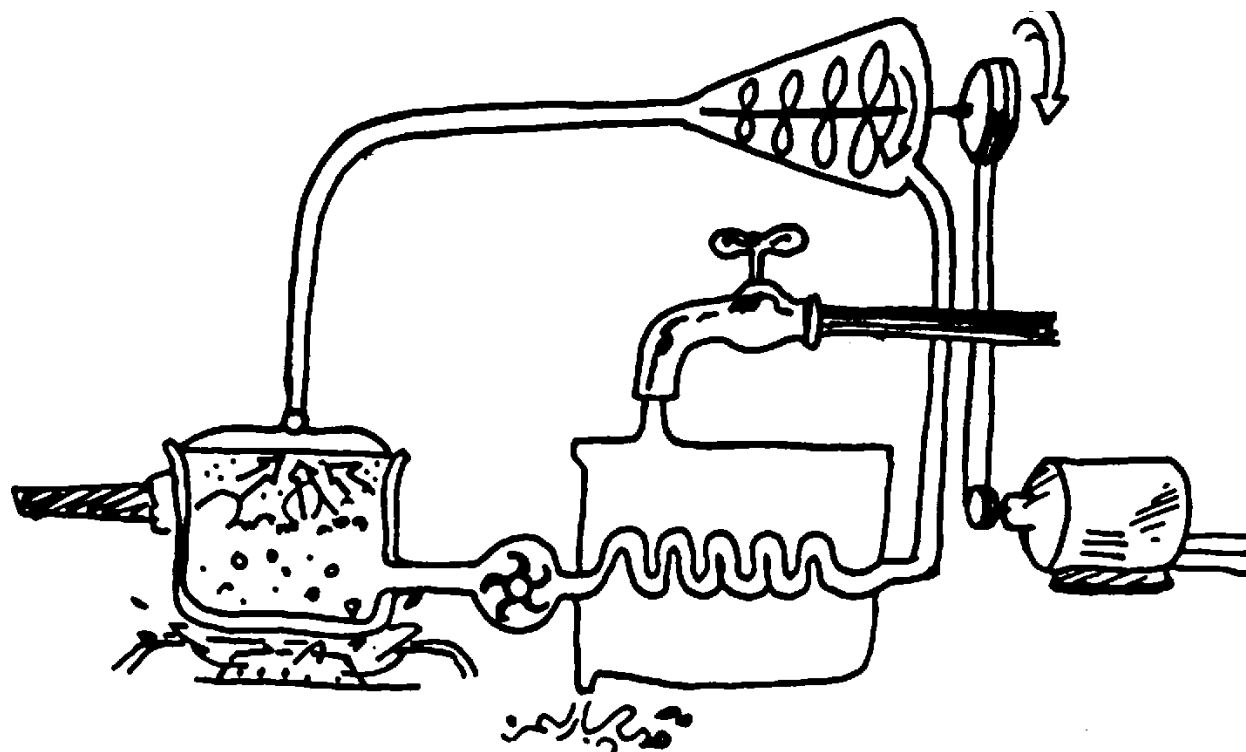


—19—

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?

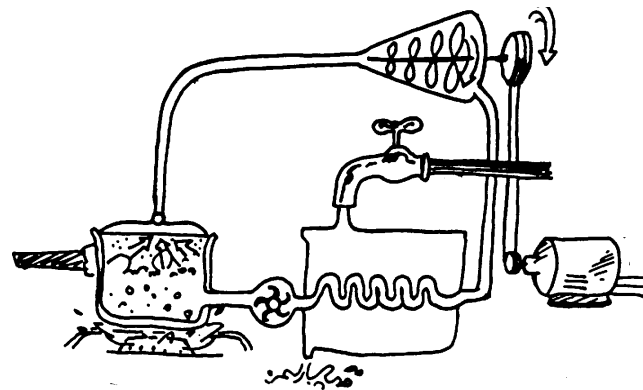
Numa usina termelétrica a energia se conserva?

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.



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 conseqüência, 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.

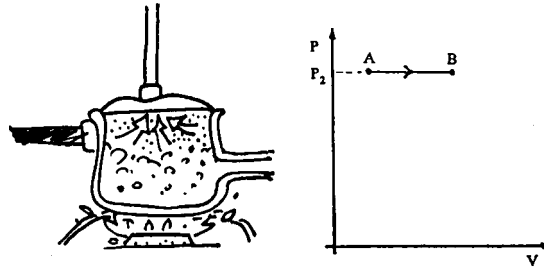
Representando graficamente as variações de pressão e volume em cada etapa, podemos compreender o ciclo da turbina a vapor.

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

Etapas do ciclo da água no interior da turbina

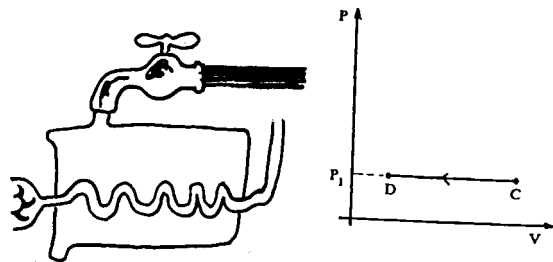
1) Caldeira.

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



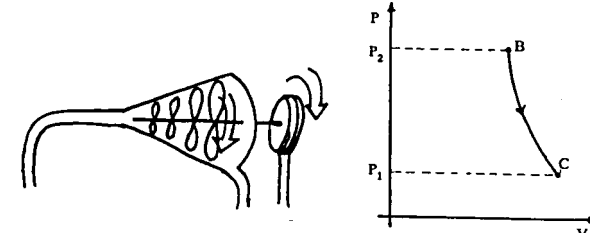
3) Condensador.

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



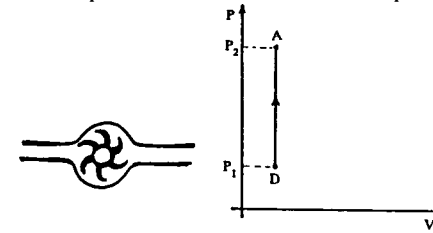
2) Turbina.

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);

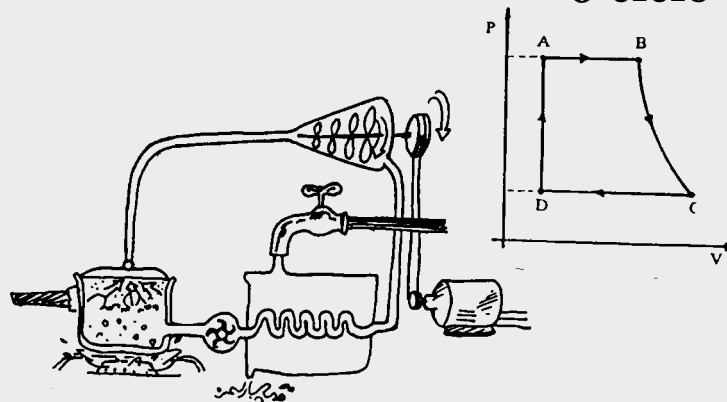


4) Bomba.

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.

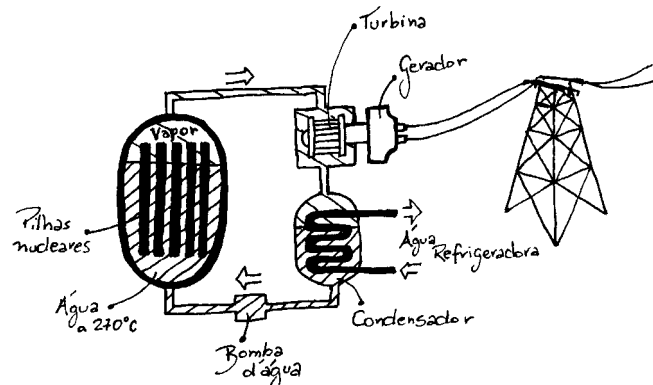
A energia fornecida ao sistema é transformada em trabalho, reaproveitada no processo, e em parte cedida ao ambiente.

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.

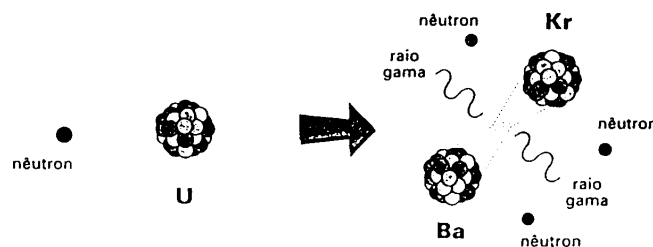
Enquanto na termelétrica o vapor é produzido numa caldeira onde a água é aquecida pela combustão externa de carvão ou petróleo, na nuclear é um reator que utiliza o urânio (U^{235}) como combustível para produzir o calor necessário para aquecer a água.



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.

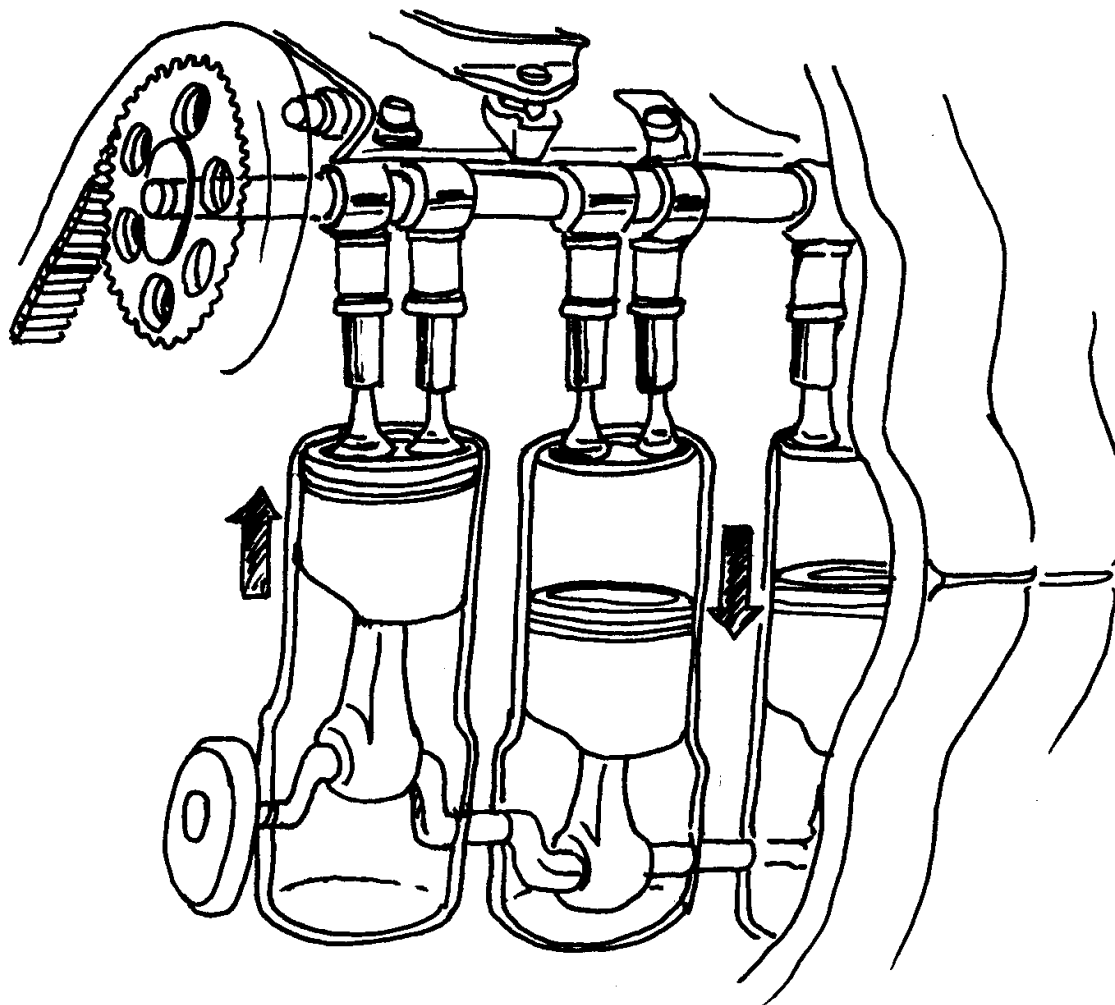
Em nossos dias consumimos cada vez mais energia elétrica. As usinas geradoras, entretanto, poluem o ar, causam danos ao meio ambiente e se constituem num risco de contaminação por radiação.

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.

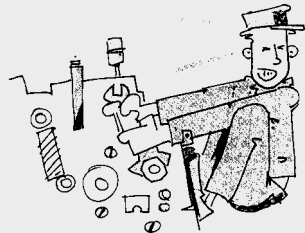


Tanto em carroças puxadas por animais como em automóveis movidos por motor, temos produção de movimentos. Transformamos em energia mecânica a energia muscular do animal ou a energia química do combustível.

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?

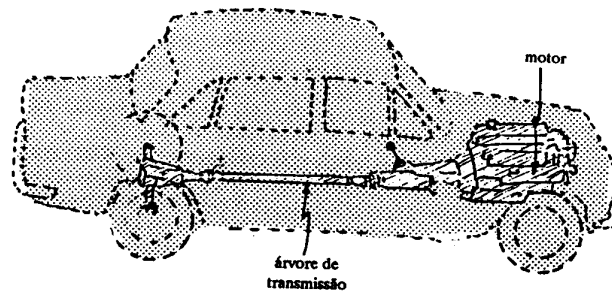
VOCÊ JÁ SABE QUE AUTOMÓVEIS, ÔNIBUS E CAMINHÕES SÃO MOVIDOS POR MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA; MAS JÁ VIU UM DELES INTERNAMENTE?

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.

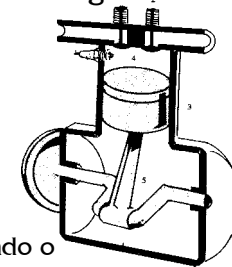


Os motores diferem pela quantidade de cilindros e quanto ao ciclo de funcionamento, dois tempos ou quatro tempos, em que cada pistão trabalha num ciclo e se constitui numa máquina térmica.

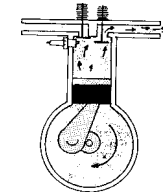
COMO É PRODUZIDO O MOVIMENTO?

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.

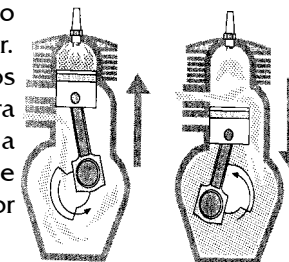
- 1- válvula de admissão
- 2- válvula de escape
- 3- pistão
- 4- cilindro
- 5- biela



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.



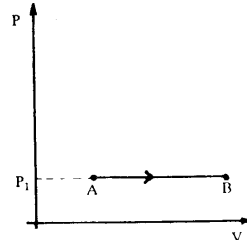
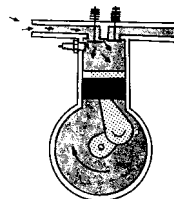
Nos motores de dois tempos, como os usados em motos e barcos, também ocorrem a admissão, a compressão, a expansão e a exaustão, porém com apenas dois cursos do pistão; a cada ciclo são duas fases simultâneas. Enquanto o pistão sobe, simultaneamente há a aspiração na parte inferior do motor e compressão 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

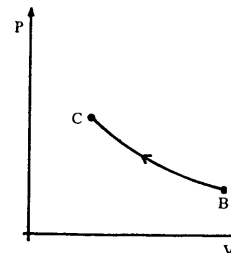
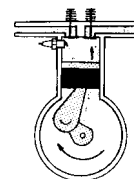
1) Admissão da mistura: 1º tempo.

Abertura da válvula de admissão: enquanto o volume do gás aumenta, a pressão fica praticamente constante - transformação isobárica (A → B);



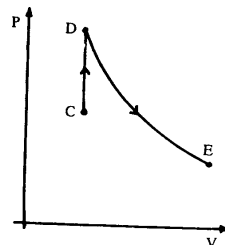
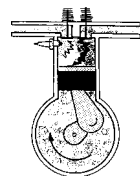
2) Compressão da mistura: 2º tempo.

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);



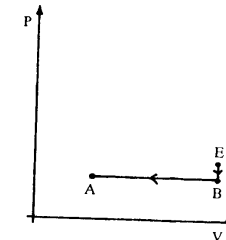
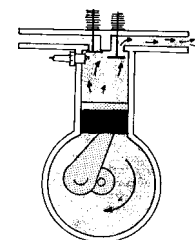
3) Explosão da mistura: 3º tempo.

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);

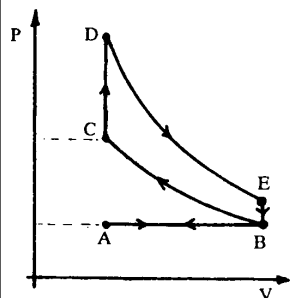


4) Escape dos gases: 4º tempo.

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 calorías???

As máquinas térmicas transformam calor em trabalho, sendo que o sistema sempre sofre um aquecimento.

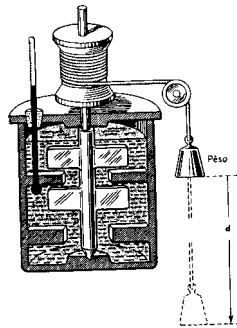
Você já viu um motor funcionar sem que ele se aqueça? Mas será que é possível transformar um trabalho totalmente em calor?

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 calorías, 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:

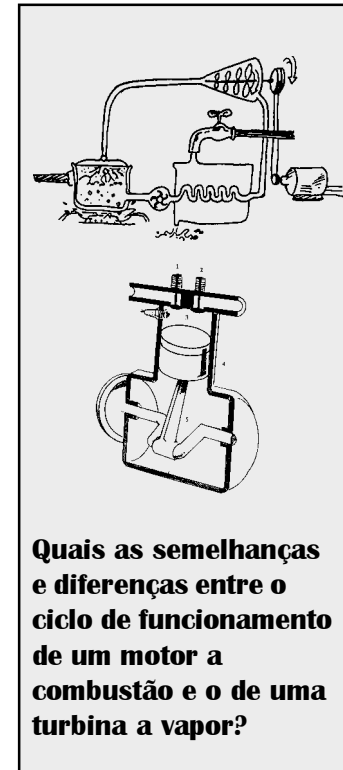
O impulso necessário para o início do ciclo é efetuado pelo motor de arranque, um pequeno motor elétrico alimentado pela bateria do carro, que dá início ao giro do virabrequim. Nos primeiros veículos esse "impulso" era efetuado mecanicamente, por uma manivela encaixada no eixo do virabrequim; processo 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?

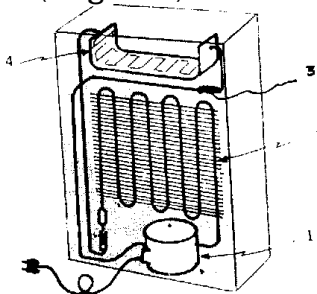
Se você observar a parte de trás da geladeira vai perceber algumas semelhanças.

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.

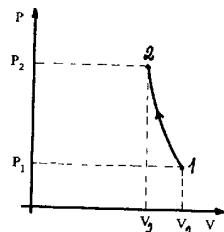
Em cada ciclo, a quantidade de calor cedida para o meio ambiente através do condensador é igual à quantidade de calor retirada do interior da geladeira, mais o trabalho realizado pelo compressor.

Primeiro Princípio da Termodinâmica

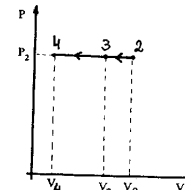
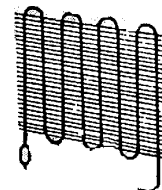
$$Q_{\text{condensador}} = Q_{\text{congelador}} + \tau_{\text{compressor}}$$

Etapas do ciclo da geladeira

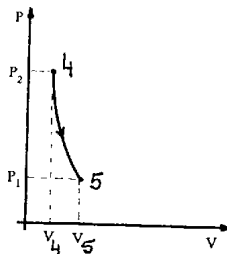
1) Compressor: devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ($Q = 0$), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação de energia interna da substância ($1 \rightarrow 2$);



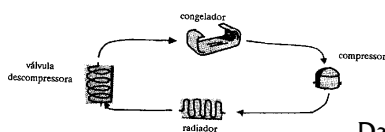
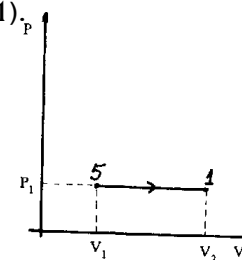
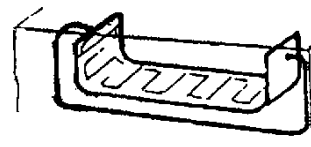
2) Radiador: inicialmente ocorre uma diminuição de temperatura a pressão constante ($2 \rightarrow 3$), seguida de uma diminuição isobárica e isotérmica do volume na condensação ($3 \rightarrow 4$). O calor trocado corresponde ao calor de esfriamento e ao calor de condensação.



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:

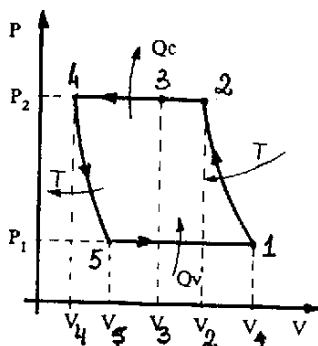
- É possível transformar energia mecânica (trabalho) totalmente em calor. Lembre-se da experiência de Joule.
- O calor flui espontaneamente da fonte quente para a fria. Lembre-se de que as peças do motor e o ambiente sempre se aquecem.

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.

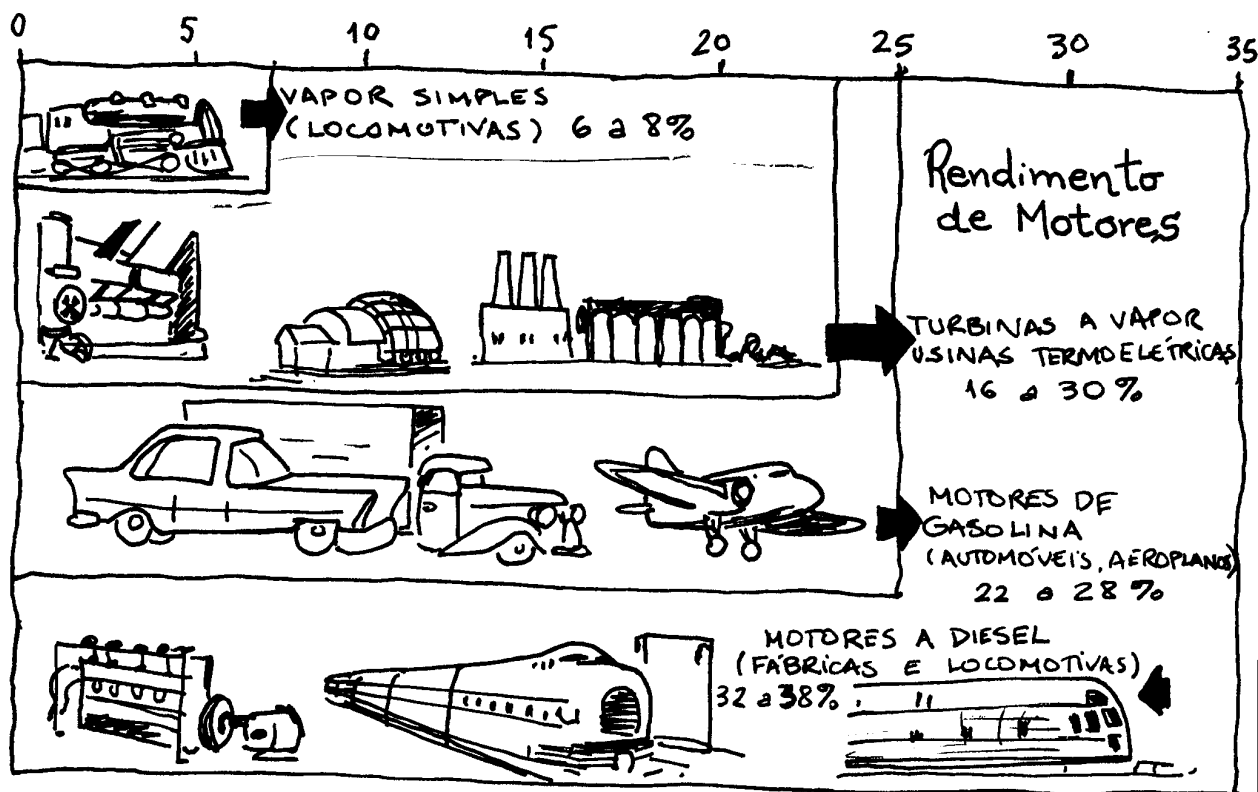
Neles, o ar que provém do ambiente (contendo pó e umidade), após passar por um filtro que retém suas impurezas, entra em contato com a serpentina do evaporador, sendo resfriado e devolvido ao ambiente impulsionado por um ventilador.

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. Lembre-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:

$$\eta = \frac{\tau}{Q}$$

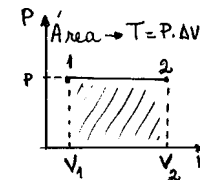
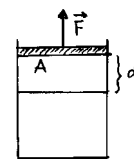
Se toda energia fosse transformada em trabalho, o rendimento seria 1 ou 100%. Isso nunca acontece.

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 .

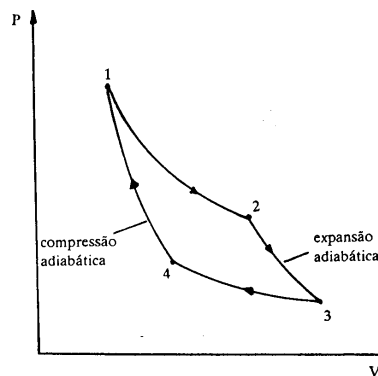


$$\tau = P \times \Delta V = \frac{F}{A} \times A \times d \quad P \times \Delta V = F \times d$$

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: $Q = 2,4 \times 10^3$ cal $\cong 10 \times 10^2$ J $\cong 10^3$ 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) (PUIC) 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: $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

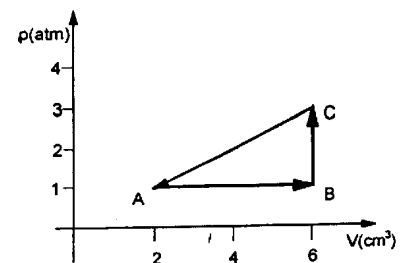
densidade da água: $d = 1 \text{ kg/l}$

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

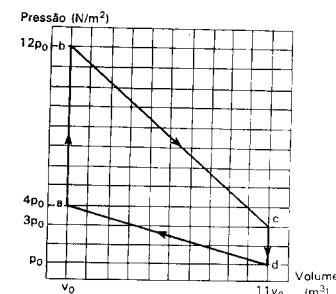
O trabalho total no ciclo **ABCA** é

- 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 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$.

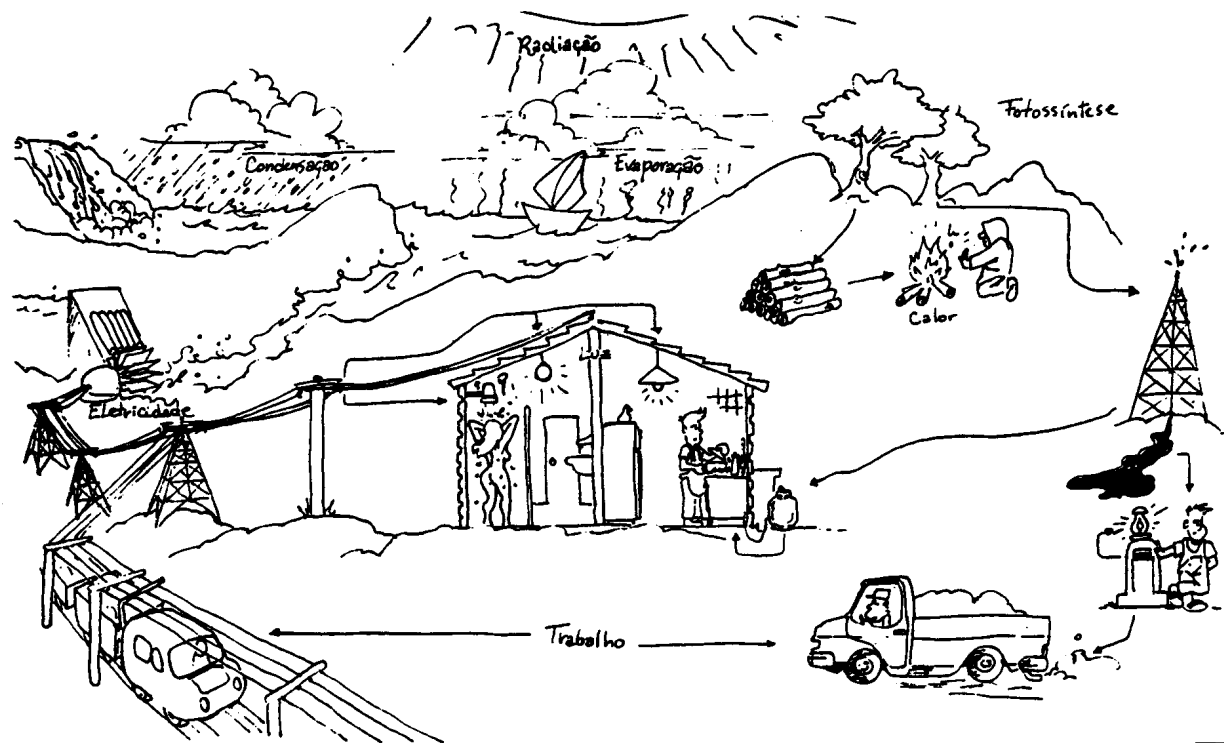
b) Calcule o saldo final de calor recebido pelo sistema no ciclo $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$.



—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.

$$Q = \Delta U + \tau$$

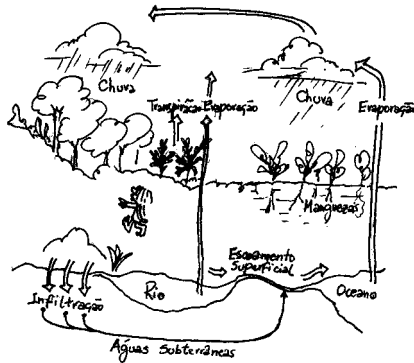
O Sol fornece o calor necessário para que ocorram os ciclos naturais

É impossível construir uma máquina que, operando em ciclos, transforme todo o calor em trabalho.

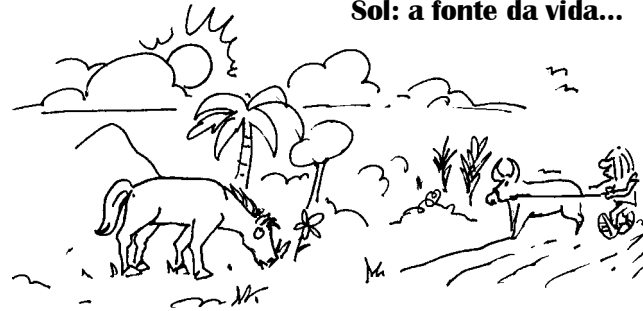


Nesta leitura final vamos ver alguns dos processos térmicos já discutidos e dar ênfase às transformações de energia.

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:

$$Q = \Delta U + \tau$$

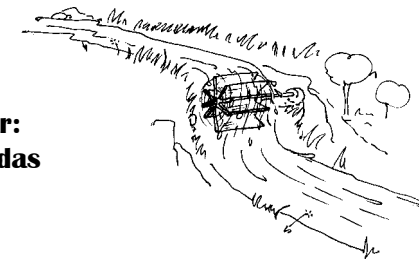
Esse primeiro princípio nos diz que a energia num sistema se conserva.

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.

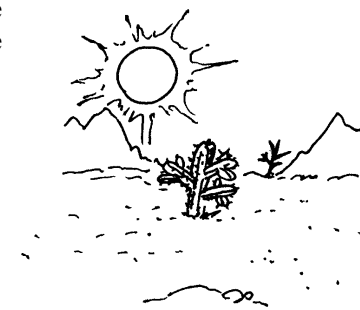
A circulação e transformação de energia solar pelas plantas, através da fotossíntese e conseqüentemente pelos animais que se alimentam das plantas e pelos animais que se alimentam de outros animais, mantêm o ciclo da vida, e do ponto de vista da Física Térmica pode-se dizer que:

" 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:

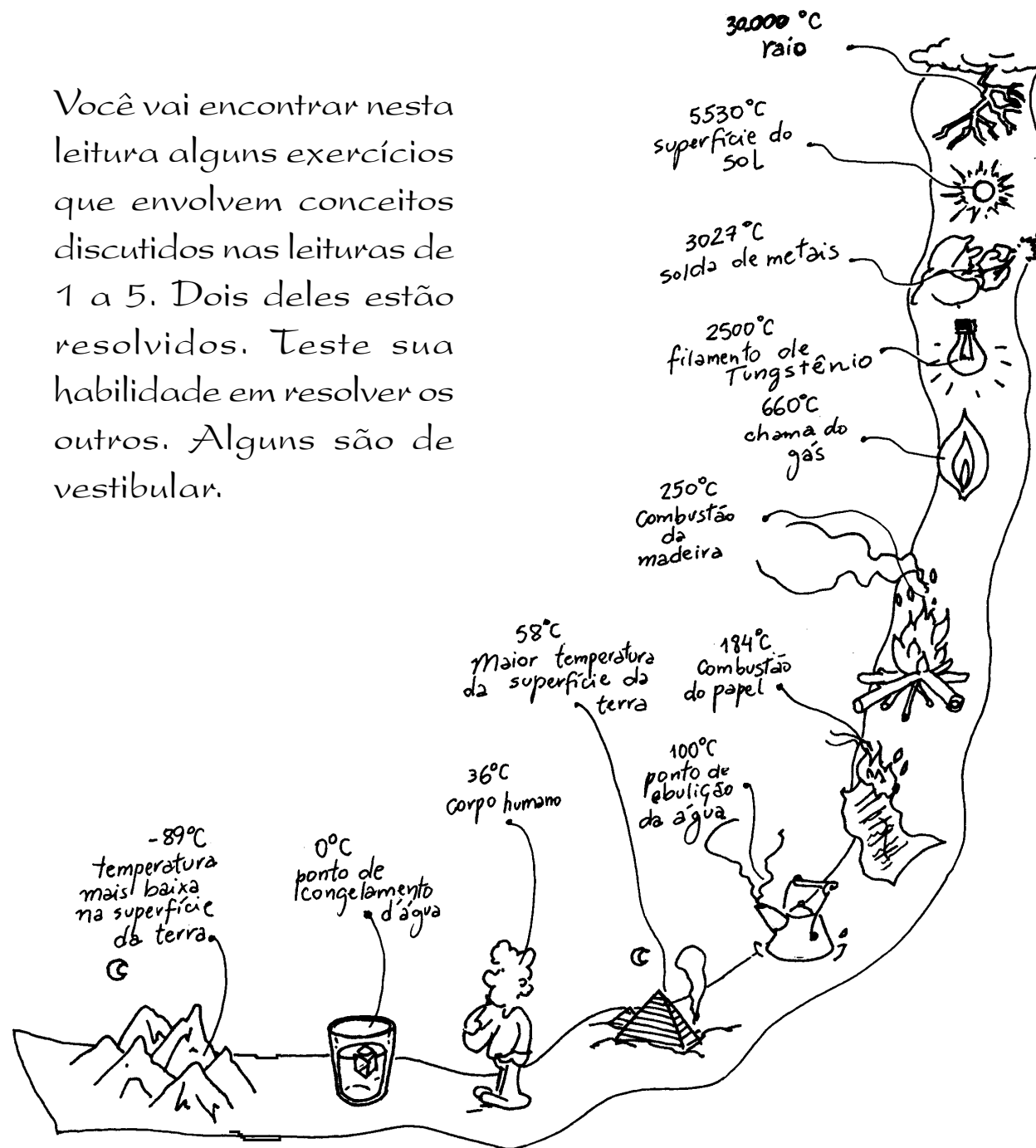
"Vida - Um estado vulgar da matéria que se encontra à superfície da Terra e em todos os seus oceanos. Compõe-se de complicadas combinações dos elementos hidrogênio, carbono, oxigênio, azoto, enxofre e fósforo, com muitos outros elementos em quantidades menores. A maior parte das formas de vida pode ser 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 -

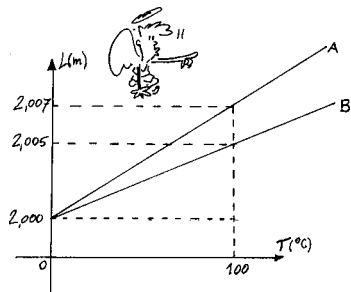
Medida e controle de temperatura

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:

$$a) \text{ Como } \Delta L = \alpha L_0 \Delta T, \text{ então: } \alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T}$$

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:

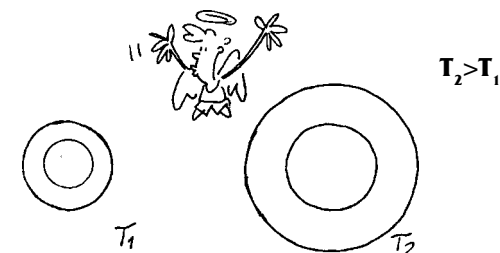
- Aquecendo-se apenas o pino, a folga diminuirá.
- Aquecendo-se apenas a chapa, a folga aumentará.
- Ambos sendo igualmente aquecidos, a folga aumentará.
- Ambos sendo igualmente aquecidos, a folga não irá se alterar.
- Ambos sendo igualmente resfriados, a folga irá diminuir.

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.

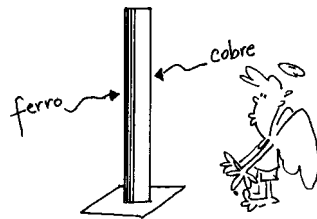
b) Aquecendo-se a chapa, o orifício se dilatará como se estivesse preenchido com cobre. Isso acontece porque as moléculas se afastam umas das outras quando aquecidas. Portanto, a folga aumentará.



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 volumétrico 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.

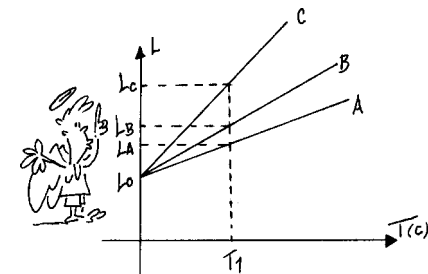
6- O gráfico ilustra a dilatação de 3 barras metálicas, A, B e C, de materiais diferentes, que se encontram inicialmente a 0°C , sendo, nessa temperatura, seus comprimentos iguais. Seus coeficientes médios de dilatação linear são respectivamente, α_A , α_B e α_C . Podemos afirmar que:

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.

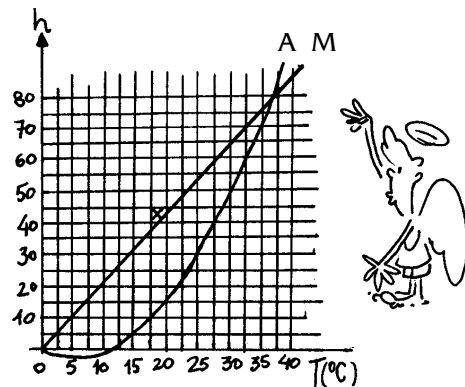
Estes são de vestibular

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.

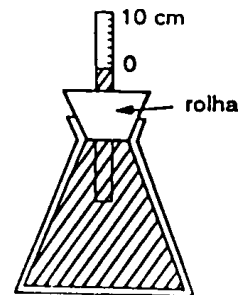
III- No entorno de 18°C o coeficiente de dilatação do mercúrio e o da água são praticamente iguais.



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: $c = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

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

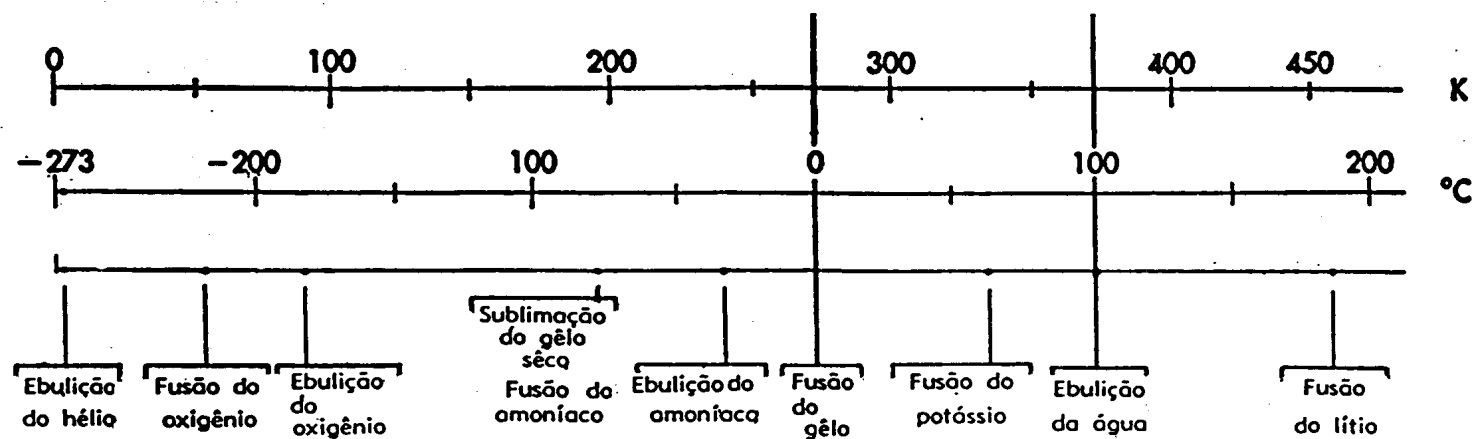
O zero absoluto.

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) :

$$Q_{\text{água}} + Q_f = 0, \text{ ou seja, } Q_{\text{água}} = -Q_f$$

$$m \times 1(0 - 20) = -7.971$$

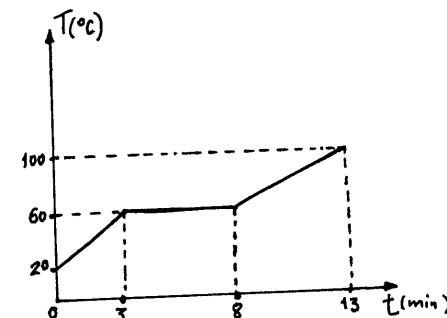
$$m = \frac{7.971}{20} \cong 398,5 \text{ g}$$

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

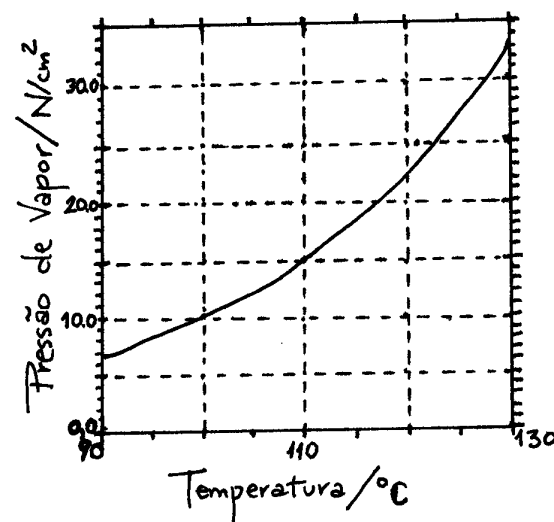


2) (Unicamp) Uma dada panela de pressão é feita para cozinhar feijão à temperatura de 110°C. A válvula da panela é constituída por um furo de área igual a 0,20 cm², tampado por um peso que mantém uma sobrepressão dentro da panela. A pressão de vapor da água (pressão em que a água ferve) como função da 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.

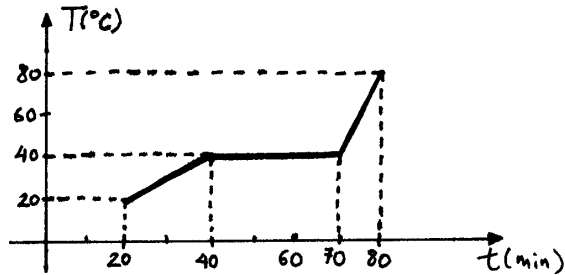
b) Tire do gráfico a pressão no interior da panela quando o feijão está cozinhando a 110°C.

c) Calcule o peso da válvula necessário para equilibrar a diferença de pressão interna e externa à panela.



Continuando com vestibular...

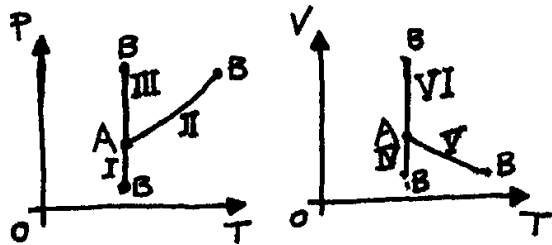
3) (Fuvest) Aquecendo-se 30 g de uma substância à razão constante de 30 cal/min, dentro de um recipiente bem isolado, sua temperatura varia com o tempo de acordo com a figura. A 40°C ocorre uma transição entre duas fases sólidas distintas.



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

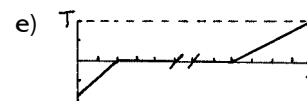
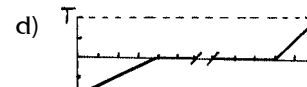
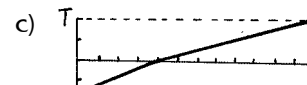
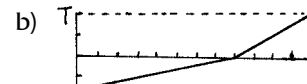
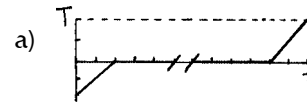
5) (FEI) Para resfriar bebidas em uma festa, colocaram as garrafas em uma mistura de água e gelo (a 0°C). Depois de algum tempo, perceberam que a mistura de água e gelo havia sofrido uma contração de 500 cm³ em seu volume. Sabendo-se que, no mesmo tempo, a mistura de água e gelo, sem as garrafas, sofreria 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

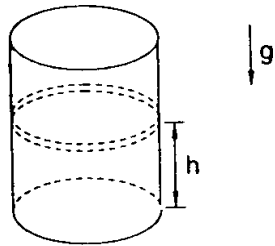
6) (Fuvest) Um bloco de gelo que inicialmente está a uma temperatura inferior a 0°C recebe energia a uma razão constante, distribuída uniformemente por toda sua massa. Sabe-se que o calor específico do gelo vale aproximadamente metade do calor específico da água. O gráfico que melhor representa a variação de temperatura T (em °C) do sistema em função do tempo t (em s) é:



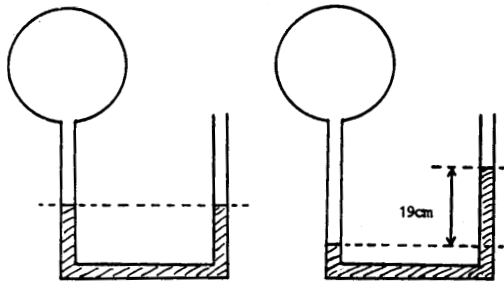
Continuando com o vestibular...

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:

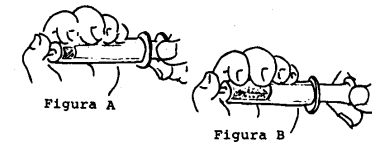
- 1) É aquecida a pressão constante até que a temperatura atinja o valor $2T_0$.
- 2) É resfriada a volume constante até que a temperatura atinja o valor inicial T_0 .
- 3) É comprimida a temperatura constante até que atinja a pressão inicial P_0 .

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.



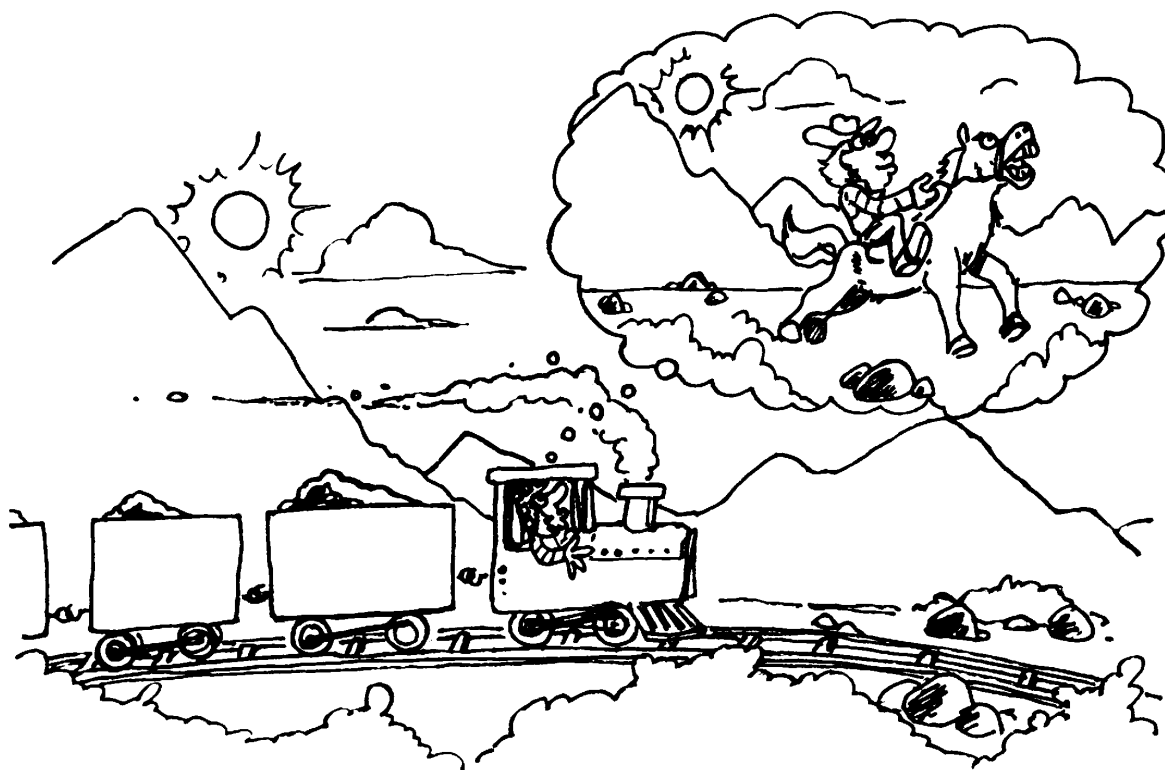
-C4-

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?

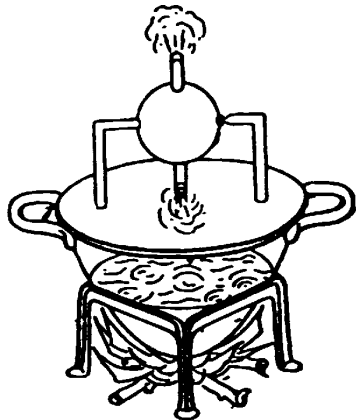
Mas como eles surgiram? Por que foram inventados? Em que princípios físicos se baseiam?



Vamos buscar algumas dessas respostas no passado.

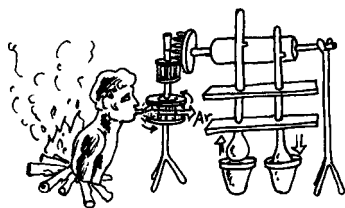
C4 Calor e produção

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.

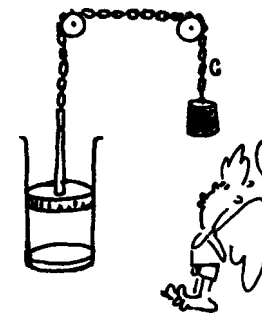
Em meados do século XVII, época de grande avanço das descobertas científicas, a construção dos termômetros permitiu a medida de temperatura das substâncias com bastante precisão, além da determinação de grandezas térmicas como o coeficiente de dilatação de alguns líquidos e os pontos de fusão e ebulição 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

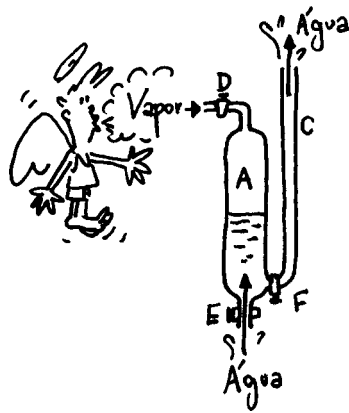
No final do século XVII as florestas da Inglaterra já tinham sido praticamente destruídas, e sua madeira utilizada como combustível. A necessidade de se usar o carvão de pedra como substituto da madeira levou os ingleses a desenvolver a atividade da mineração.

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.



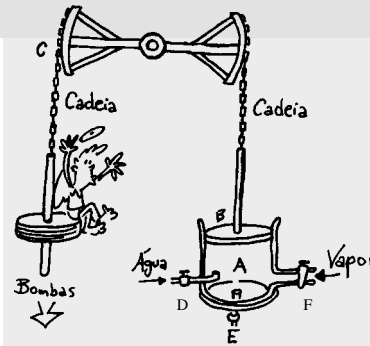
1- Entrada do vapor pela torneira D enquanto as torneiras E e F estão fechadas.

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.

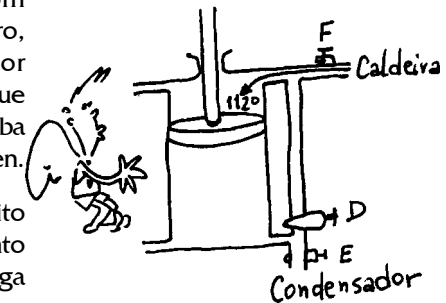
Percebendo o seu princípio de funcionamento e diagnosticando seus "pontos fracos", começa a procurar soluções em busca de um aperfeiçoamento. Descobre, na prática, a existência do calor latente, um conceito desenvolvido pelo sábio Black, também de Glasgow. Idealiza, então, uma outra máquina, com condensador 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.

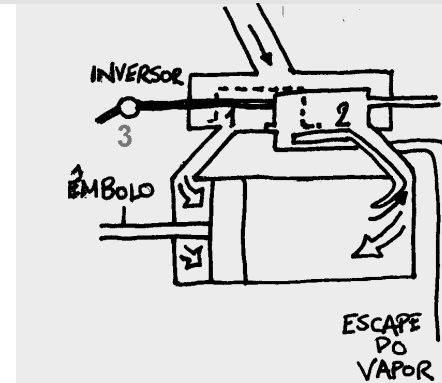
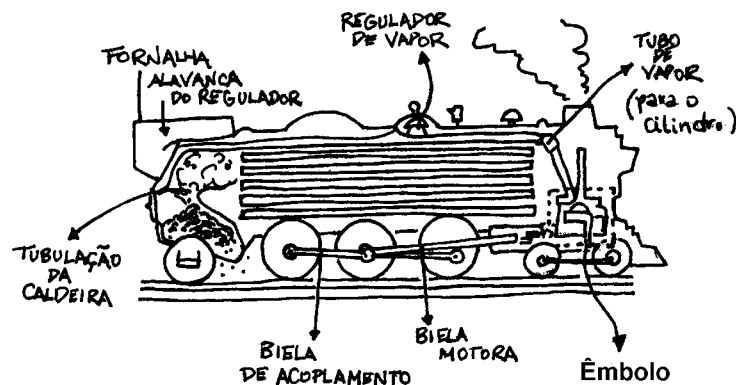
Um veículo de três rodas movido a vapor tinha sido construído por um francês, em 1771. O carro Cugnot, destinado a rebocar peças de artilharia, foi considerado o primeiro automóvel. O vapor utilizado como fonte de energia nos transportes, entretanto, alcançou sucesso com a locomotiva.

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.