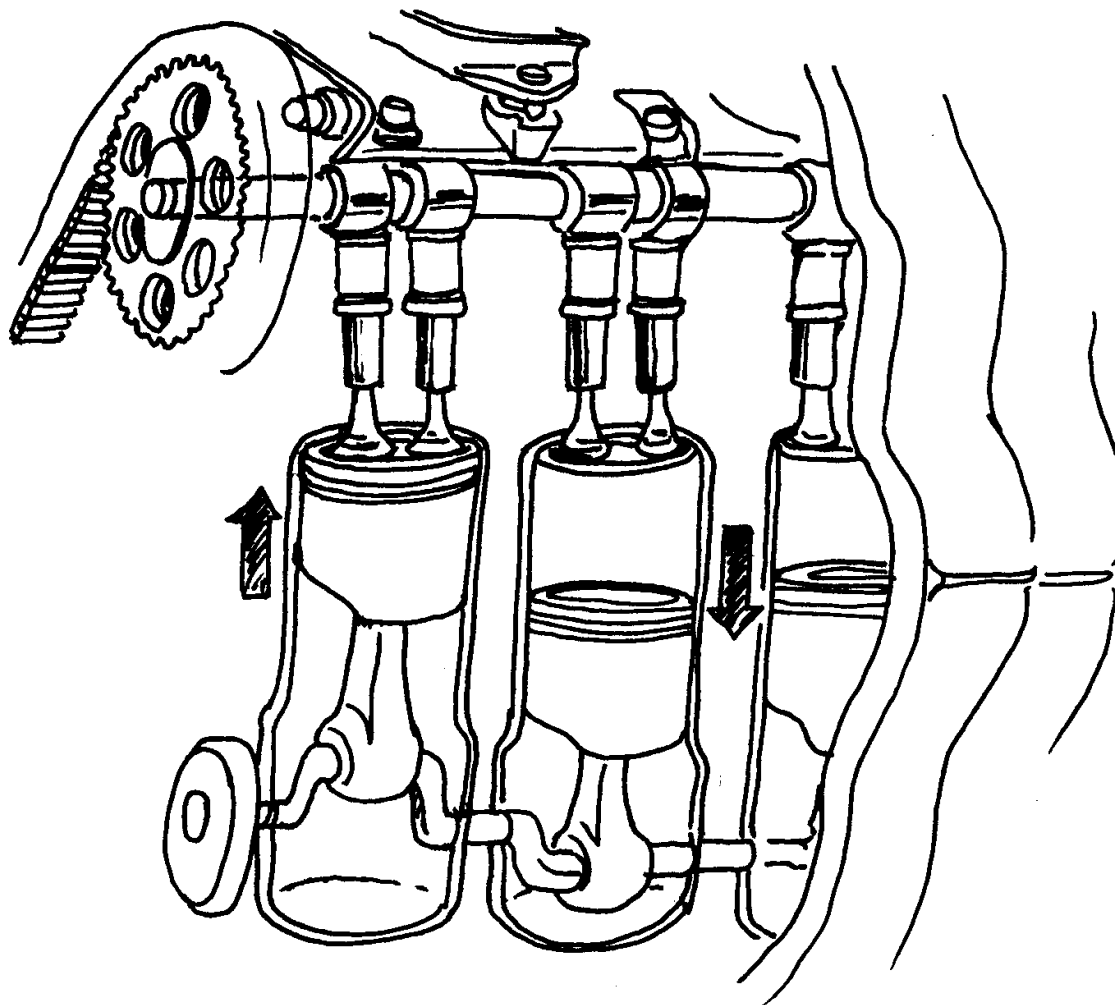


—20—

Cavalos de aço

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

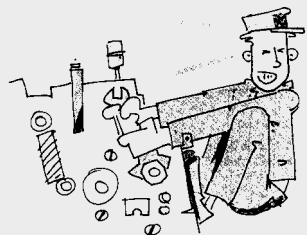


Tanto em carroças puxadas por animais como em automóveis movidos por motor, temos produção de movimentos. Transformamos em energia mecânica a energia muscular do animal ou a energia química do combustível.

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?

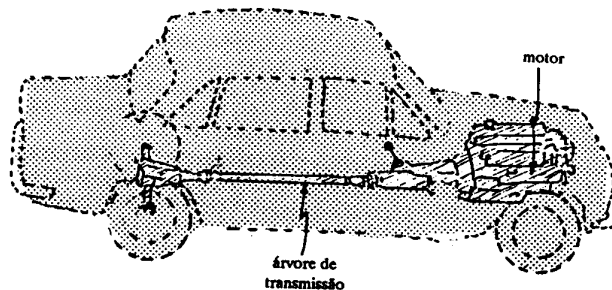
VOCÊ JÁ SABE QUE AUTOMÓVEIS, ÔNIBUS E CAMINHÕES SÃO MOVIDOS POR MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA; MAS JÁ VIU UM DELES INTERNAMENTE?

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.

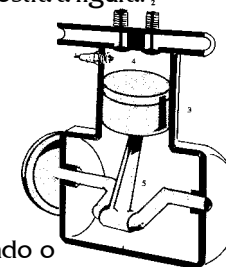


Os motores diferem pela quantidade de cilindros e quanto ao ciclo de funcionamento, dois tempos ou quatro tempos, em que cada pistão trabalha num ciclo e se constitui numa máquina térmica.

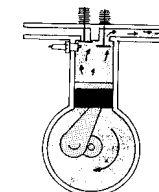
COMO É PRODUZIDO O MOVIMENTO?

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.

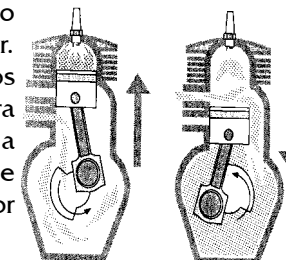
- 1- válvula de admissão
- 2- válvula de escape
- 3- pistão
- 4- cilindro
- 5- biela



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.



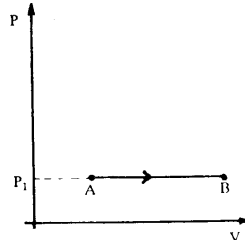
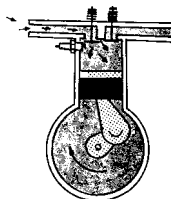
Nos motores de dois tempos, como os usados em motos e barcos, também ocorrem a admissão, a compressão, a expansão e a exaustão, porém com apenas dois cursos do pistão; a cada ciclo são duas fases simultâneas. Enquanto o pistão sobe, simultaneamente há a aspiração na parte inferior do motor e compressão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

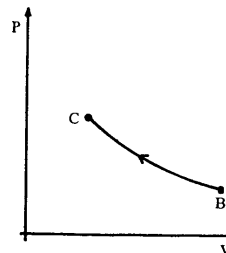
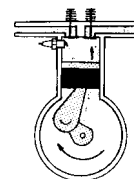
1) Admissão da mistura: 1º tempo.

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



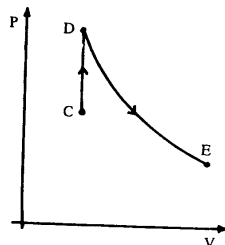
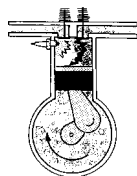
2) Compressão da mistura: 2º tempo.

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);



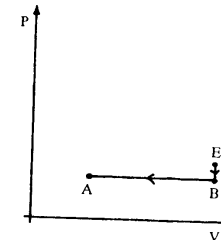
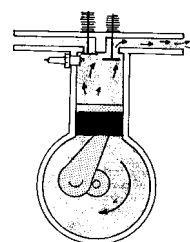
3) Explosão da mistura: 3º tempo.

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);

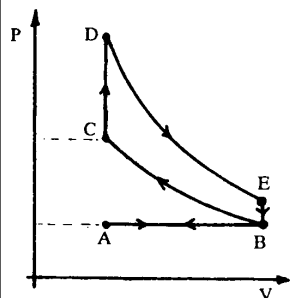


4) Escape dos gases: 4º tempo.

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.

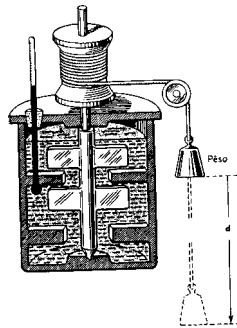
Você já viu um motor funcionar sem que ele se aqueça? Mas será que é possível transformar um trabalho totalmente em calor?

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:

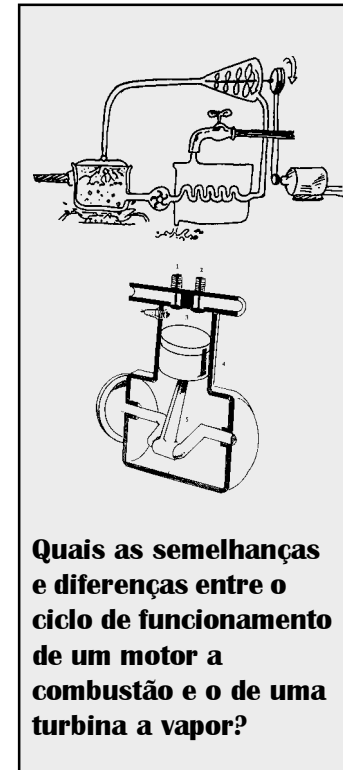
O impulso necessário para o início do ciclo é efetuado pelo motor de arranque, um pequeno motor elétrico alimentado pela bateria do carro, que dá início ao giro do virabrequim. Nos primeiros veículos esse "impulso" era efetuado mecanicamente, por uma manivela encaixada no eixo do virabrequim; processo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