

Física

PARA UNIVERSITÁRIOS

MECÂNICA

WOLFGANG BAUER

GARY D. WESTFALL

HELIO DIAS

**Mc
Graw
Hill**





B344f Bauer, Wolfgang.

Física para universitários [recurso eletrônico] : mecânica /
Wolfgang Bauer, Gary D. Westfall, Helio Dias ; tradução: Iuri
Duquia Abreu, Manuel Almeida Andrade Neto ; revisão técnica:
Helio Dias. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2012.

Editado também como livro impresso em 2012.
ISBN 978-85-8055-095-5

1. Física. 2. Mecânica. I. Westfall, Gary D. II. Dias, Helio.
III. Título.

CDU 531

5.7 Potência

Agora podemos calcular de imediato a quantidade de trabalho necessária para acelerar um carro de 1550 kg (3410 libras) de uma largada em repouso até atingir uma velocidade de 26,8 m/s (60,0 mph). O trabalho realizado é simplesmente a diferença entre as energias cinéticas final e inicial. A energia cinética inicial é zero, e a energia cinética final é

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1550 \text{ kg})(26,8 \text{ m/s})^2 = 557 \text{ kJ},$$

que também é a quantidade de trabalho necessária. Porém, o requisito de trabalho não é tão interessante para a maioria de nós – estaríamos mais interessados na velocidade com que o carro consegue atingir 60 mph. Ou seja, gostaríamos de saber a velocidade com que o carro consegue realizar esse trabalho.

Potência é a taxa temporal em que o trabalho é realizado. Matematicamente, isso significa que a potência, P , é a derivada de tempo do trabalho, W :

$$P = \frac{dW}{dt}. \quad (5.26)$$

Também é útil definir a potência média, \bar{P} , como

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}. \quad (5.27)$$

A unidade de potência do SI é o **watt** (W). [Cuidado para não confundir o símbolo do trabalho, W (*em itálico*), com a abreviação da unidade de potência, W (sem itálico).]

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^3. \quad (5.28)$$

Inversamente, um joule também é um watt vezes um segundo. Essa relação é refletida em uma unidade de energia muito comum (não potência!), o **kilowatt-hora** (kWh):

$$1 \text{ kWh} = (1000 \text{ W})(3600 \text{ s}) = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}.$$

A unidade kWh aparece em contas de concessionárias de energia elétrica e quantifica a quantidade de energia elétrica que foi consumida. Os kilowatts-hora podem ser usados para medir qualquer tipo de energia. Desta forma, a energia cinética do carro de 1550 kg se movendo com velocidade de 26,8 m/s, que calculamos como sendo 557 kJ, pode ser expressa com mesma validade como

$$(557.000 \text{ J})(1 \text{ kWh}/3,6 \cdot 10^6 \text{ J}) = 0,155 \text{ kWh}.$$

As duas unidades do SI mais comuns são o cavalo-vapor (hp) e o pé-libra-força por segundo (pés lb/s): $1 \text{ hp} = 550 \text{ pés lb/s} = 746 \text{ W}$.

Potência para uma força constante

Para uma força constante, constatamos que o trabalho é dado por $W = \vec{F} \bullet \Delta \vec{r}$, e o trabalho diferencial como $dW = \vec{F} \bullet d\vec{r}$. Nesse caso, a derivada de tempo é

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \bullet d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \bullet \vec{v} = Fv \cos \alpha, \quad (5.29)$$

onde α é o ângulo entre o vetor força e o vetor velocidade. Portanto, para uma força constante, a potência é o produto escalar do vetor força pelo vetor velocidade.

EXEMPLO 5.5 Aceleração de um carro

PROBLEMA

Retornando ao exemplo de um carro em aceleração, vamos supor que o carro, de massa 1550 kg, possa atingir uma velocidade de 60 mph (26,8 m/s) em 7,1 s. Qual é a potência média necessária para realizar isso?

SOLUÇÃO

Já verificamos que a energia cinética do carro a 60 mph é

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(1550 \text{ kg})(26,8 \text{ m/s})^2 = 557 \text{ kJ}.$$

O trabalho para levar o carro à velocidade de 60 mph é

$$W = \Delta K = K - K_0 = 557 \text{ kJ}.$$

Portanto, a potência média necessária para chegar a 60 mph em 7,1 s é

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{5,57 \cdot 10^5 \text{ J}}{7,1 \text{ s}} = 78,4 \text{ kW} = 105 \text{ hp}.$$

Se você possui um carro com massa de pelo menos 1550 kg e motor com 105 hp, sabe que não é possível atingir 60 mph em 7,1 s. Um motor com, no mínimo, 180 hp é necessário para acelerar um carro de massa 1550 kg (incluindo o motorista, naturalmente) até 60 mph nesse intervalo de tempo.

Nosso cálculo no Exemplo 5.5 não está correto por diversos motivos. Primeiro, nem toda a potência de saída do motor está disponível para realizar trabalho útil, como acelerar o carro. Segundo, forças de atrito e de resistência do ar atuam sobre um carro em movimento, mas foram ignoradas no Exemplo 5.5. O Capítulo 6 abordará o trabalho e a potência na presença de forças de atrito (atrito de rolamento e resistência do ar neste caso). Finalmente, o cavalo-vapor

5.4 Exercícios de sala de aula

As seguintes afirmações são verdadeiras ou falsas?

- O trabalho não pode ser realizado na ausência de movimento.
- Mais potência é necessária para erguer uma caixa lentamente do que de um modo rápido.
- Uma força é necessária para realizar trabalho.

de um carro é uma especificação de pico, verdadeira apenas no domínio de rpm mais benéfico do motor.

À medida que você acelera o carro a partir do repouso, essa saída de pico do motor não pode ser mantida enquanto as marchas são trocadas.

As médias de massa, potência e eficiência de combustível (para tráfego urbano) de carros de porte médio nos Estados Unidos de 1975 a 2007 são mostradas na Figura 5.19. A massa de um carro é importante na condução urbana porque há muitos casos de aceleração em condições de parar o carro e colocá-lo em movimento novamente.

Podemos combinar o teorema do trabalho e energia cinética (equação 5.15) com a definição de potência média (equação 5.27) para obter

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\Delta t} = \frac{mv^2}{2\Delta t}. \quad (5.30)$$

Pode-se ver que a potência média necessária para acelerar um carro a partir do repouso até uma velocidade v em um determinado intervalo de tempo, Δt , é proporcional à massa do carro. A potência consumida pelo carro é igual à potência média vezes o intervalo de tempo. Assim, quanto maior a massa do carro, mais potência é necessária para acelerá-lo em uma determinada quantidade de tempo.

Após a crise do petróleo de 1973, a massa média de carros de porte médio diminuiu de 2100 kg para 1500 kg entre 1975 e 1982. Durante o mesmo período, a potência média diminuiu de 160 hp para 110 hp, e a eficiência de combustível aumentou de 10 para 18 mpg (milhas por galão). Porém, de 1982 a 2007, a massa média e a eficiência de combustível de carros de porte médio permaneceram constante, enquanto a potência aumentou de forma regular. Aparentemente, compradores de carros de porte médio nos Estados Unidos valorizaram a maior potência em comparação à maior eficiência.

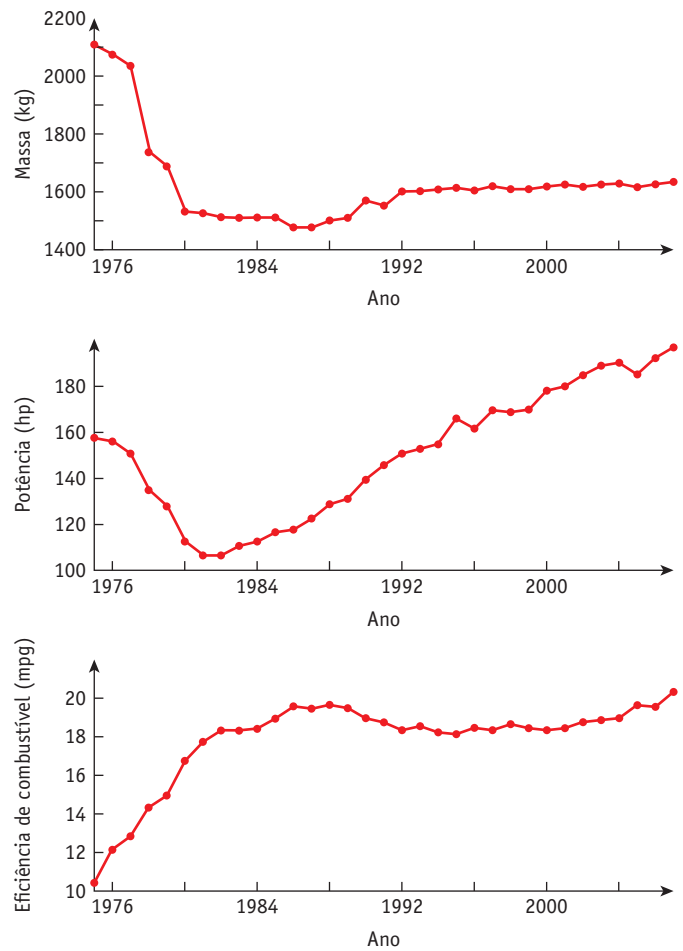


Figura 5.19 As médias de massa, potência e eficiência de combustível de carros de porte médio vendidos nos Estados Unidos de 1975 a 2007. A eficiência de combustível é a típica para tráfego urbano.

O QUE JÁ APRENDEMOS | GUIA DE ESTUDO PARA EXERCÍCIOS

- Energia cinética é a energia associada ao movimento de um objeto, $K = \frac{1}{2}mv^2$.
- A unidade do SI de trabalho e energia é o joule: $1 \text{ J} = 1 \text{ kg m}^2/\text{s}^2$.
- Trabalho é a energia transferida para um objeto ou transferida de um objeto pela ação de uma força. Trabalho positivo é uma transferência de energia ao objeto, e trabalho negativo é uma transferência de energia do objeto.
- O trabalho realizado por uma força constante é $W = |\vec{F}||\Delta\vec{r}|\cos\alpha$, onde α é o ângulo entre \vec{F} e $\Delta\vec{r}$.
- O trabalho realizado por uma força variável em uma dimensão é $W = \int_x F_x(x')dx'$.
- O trabalho realizado pela força gravitacional no processo de erguer um objeto é $W_g = -mgh < 0$, onde $h = |y - y_0|$; o trabalho realizado pela força gravitacional para abaixar um objeto é $W_g = +mgh > 0$.
- A força elástica é dada pela lei de Hooke: $F_s = -kx$.
- O trabalho realizado pela força elástica é $W = -k \int_{x_0}^x x' dx' = -\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}kx_0^2$.
- O teorema do trabalho e energia cinética é $\Delta K \equiv K - K_0 = W$.
- A potência, P , é a derivada de tempo de W : $P = \frac{dW}{dt}$.
- A potência média, \bar{P} , é $\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$.
- A unidade de potência do SI é o watt (W): $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.
- A potência para uma força constante é $P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv \cos\alpha_{Fv}$, onde α é o ângulo entre o vetor força e o vetor velocidade.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.