

Física I

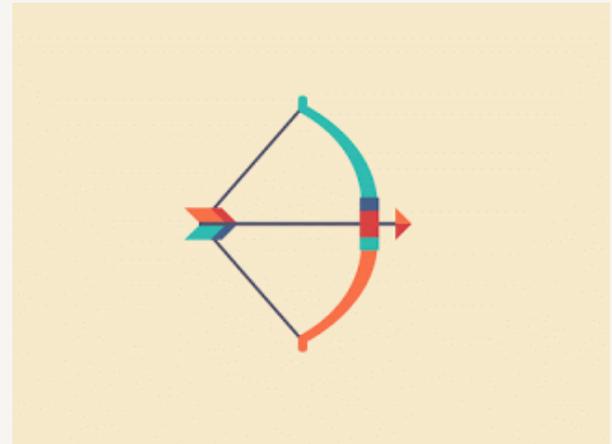
Semana 09 - Aula 1

Trabalho

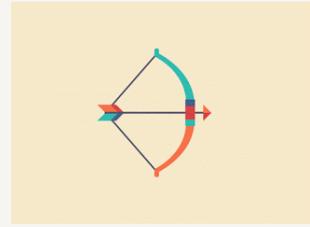
Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria

Trabalho e energia

- Suponha a velocidade de uma flecha lançada de um arco.

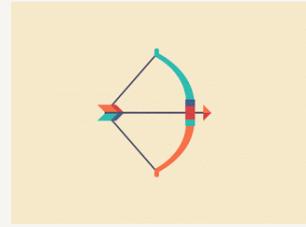


Trabalho e energia



- Suponha a velocidade de uma flecha lançada de um arco.
- Ao aplicarmos a lei de Newton e as demais técnicas aparece uma dificuldade.

Trabalho e energia



- Suponha a velocidade de uma flecha lançada de um arco.
- Ao aplicarmos a lei de Newton e as demais técnicas aparece uma dificuldade.
- O arco exerce uma força *variável* que depende da posição da flecha.

Como devemos proceder?

Trabalho e energia

- Novo método para resolver problemas da mecânica.

Trabalho e energia

- Novo método para resolver problemas da mecânica.
- Reside no ***princípio da conservação da energia.***

Trabalho e energia

- Novo método para resolver problemas da mecânica.
- Reside no ***princípio da conservação da energia.***

“A energia é uma grandeza que pode ser convertida de uma forma para outra, mas que não pode ser criada nem destruída.”

Trabalho e energia

- Nenhuma exceção ao ***princípio da conservação da energia*** foi jamais encontrada.

Trabalho e energia

- Nenhuma exceção ao ***princípio da conservação da energia*** foi jamais encontrada.
- Usaremos o conceito de energia para estudar uma imensa variedade de fenômenos físicos.

Trabalho e energia

- Nenhuma exceção ao *princípio da conservação da energia* foi jamais encontrada.
- Usaremos o conceito de energia para estudar uma imensa variedade de fenômenos físicos.
- Nesta semana, concentraremos nossa atenção na mecânica.

Trabalho e energia

- Nenhuma exceção ao *princípio da conservação da energia* foi jamais encontrada.
- Usaremos o conceito de energia para estudar uma imensa variedade de fenômenos físicos.
- Nesta semana, concentraremos nossa atenção na mecânica.
- Aprenderemos sobre a *energia cinética*, ou energia do movimento e sua relação com o trabalho.

Trabalho

- Na física, o **trabalho** total realizado por todas as forças sobre uma partícula é igual à variação de sua energia cinética.

Trabalho

- Na física, o **trabalho** total realizado por todas as forças sobre uma partícula é igual à variação de sua energia cinética.
- A **energia cinética** é uma grandeza relacionada com a velocidade da partícula.

Trabalho

- Na física, o **trabalho** total realizado por todas as forças sobre uma partícula é igual à variação de sua energia cinética.
- A **energia cinética** é uma grandeza relacionada com a velocidade da partícula.
- Essa relação é empregada mesmo quando as forças aplicadas não são constantes.

Trabalho de uma força constante

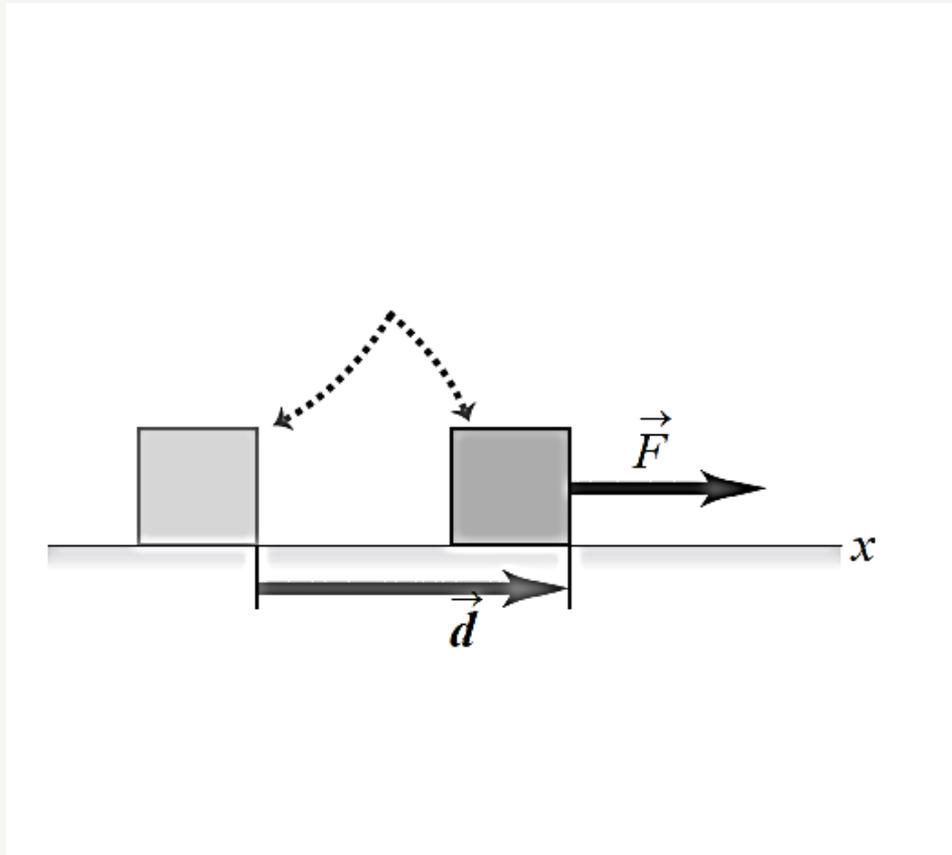


Figura 6.2 O trabalho realizado por uma força constante que atua na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um corpo se move ao longo de um deslocamento \vec{d} enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele na mesma direção e sentido

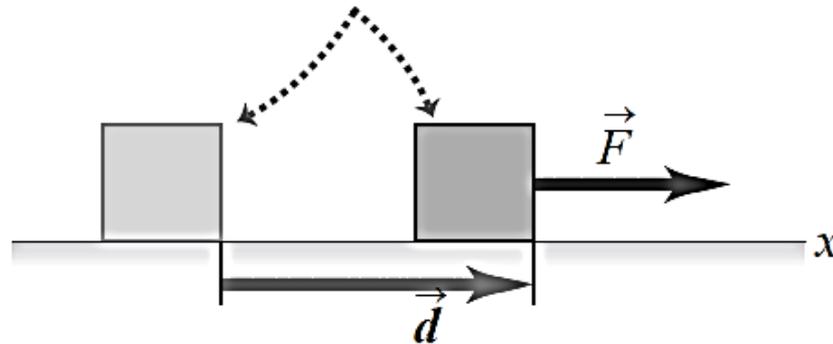
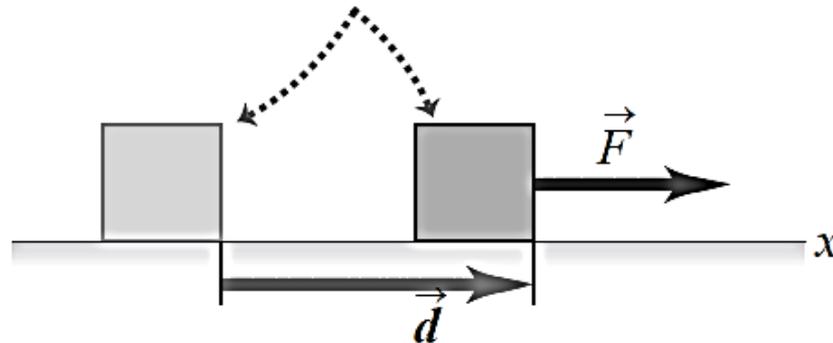


Figura 6.2 O trabalho realizado por uma força constante que atua na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um corpo se move ao longo de um deslocamento \vec{d} enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele na mesma direção e sentido



... o trabalho realizado pela força sobre o corpo é $W = Fd$.

Figura 6.2 O trabalho realizado por uma força constante que atua na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

- Produto da força de módulo F e o deslocamento de módulo d :

$$W = F d$$

Trabalho de uma força constante

- Produto da força de módulo F e o deslocamento de módulo d :

$$W = F d$$

$$[N \cdot m] = [J] \text{ (joule)}$$

no SI

Trabalho de uma força constante

- Produto da força de módulo F e o deslocamento de módulo d :

$$W = F d$$

$$[N \cdot m] = [J] \text{ (joule)}$$

no SI

- Em qualquer sistema de unidades, a unidade de trabalho é dada pela unidade de força multiplicada pela unidade de deslocamento

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...



Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = Fd \cos \phi$.



Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = Fd \cos \phi$.

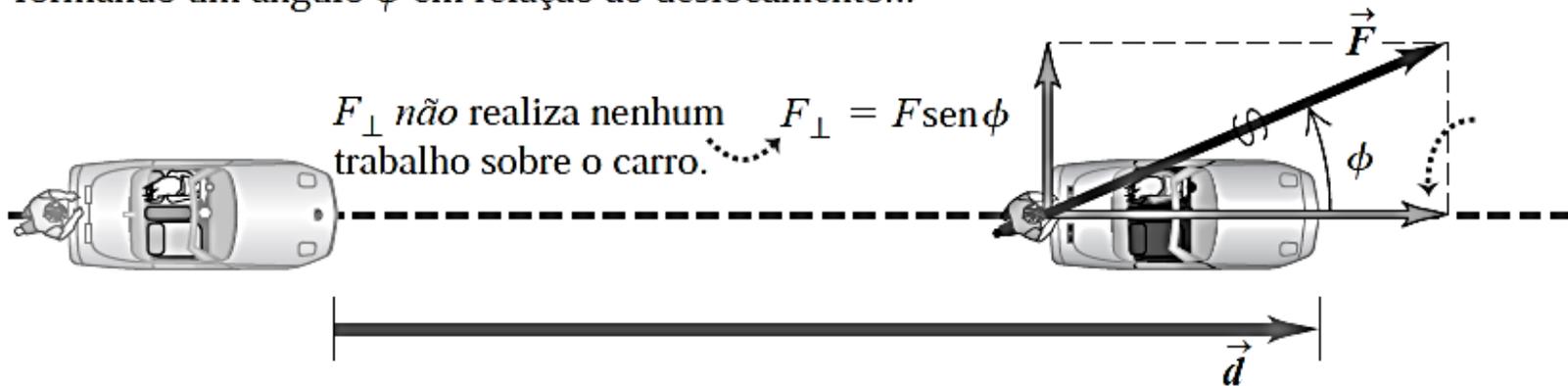


Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = Fd \cos \phi$.

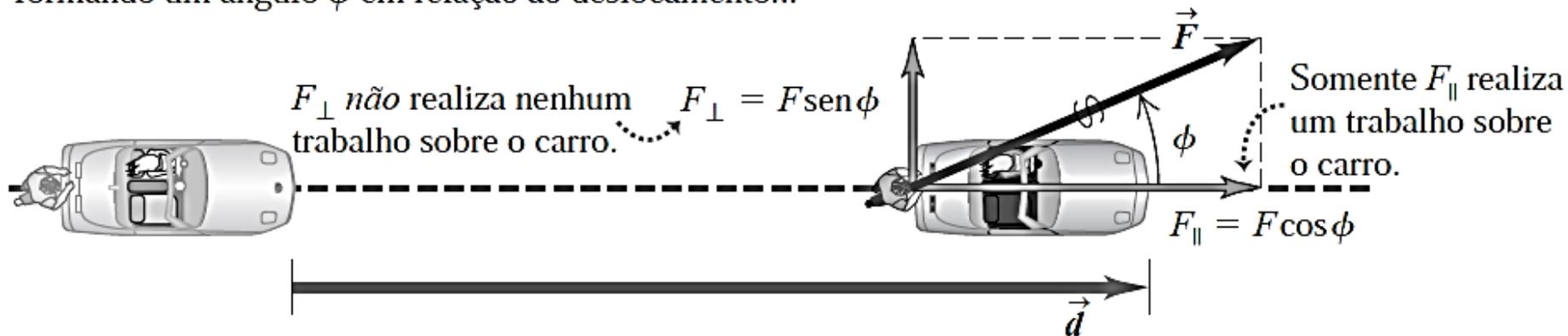


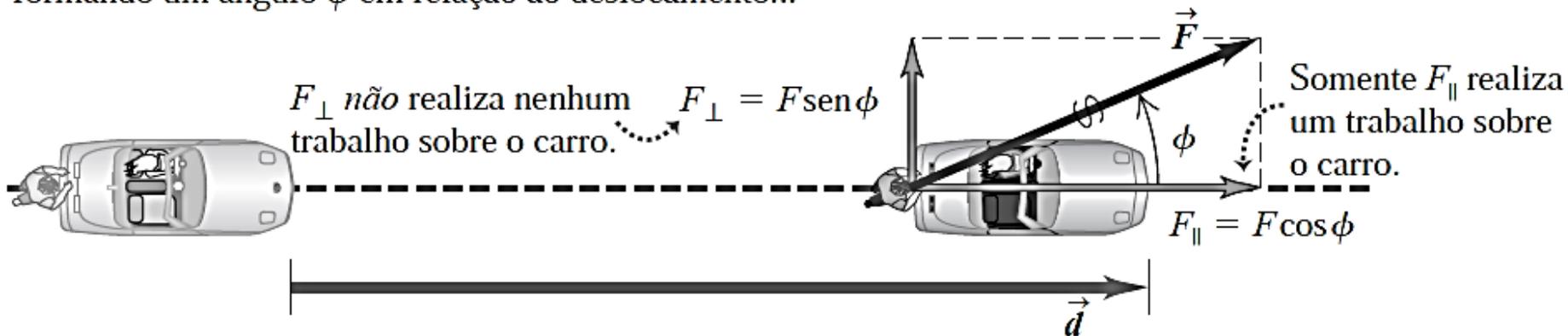
Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = Fd \cos \phi$.



$$W = F d \cos \phi$$

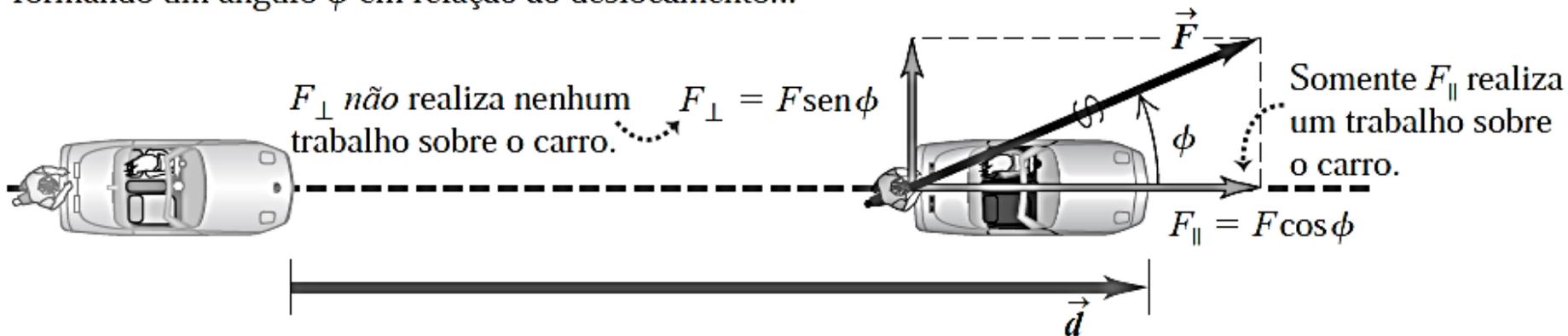
Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = F d \cos \phi$.



$$W = F d \cos \phi \quad \Rightarrow \quad W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

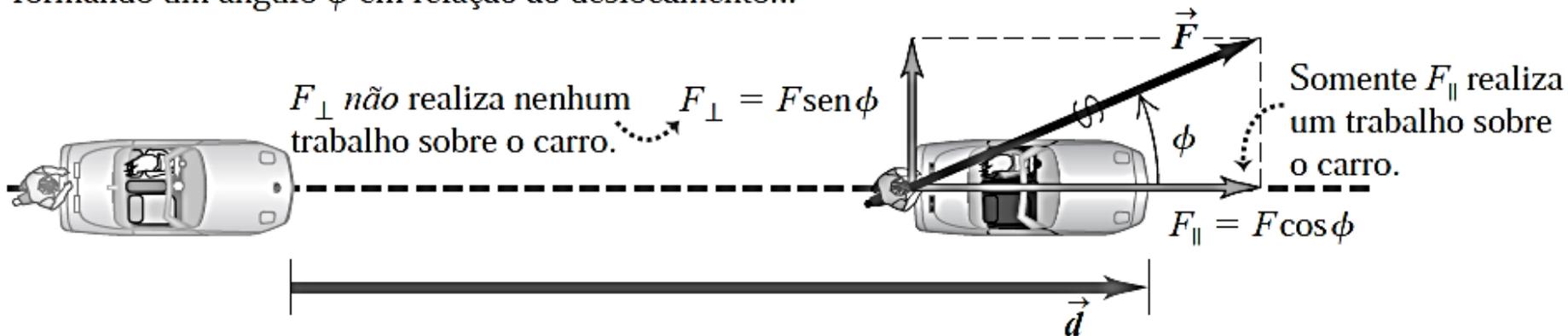
Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho de uma força constante

Quando um carro se move ao longo de um deslocamento \vec{d} , enquanto uma força constante \vec{F} atua sobre ele formando um ângulo ϕ em relação ao deslocamento...

... o trabalho realizado pela força sobre o carro é $W = F_{\parallel} d = (F \cos \phi) d = F d \cos \phi$.



$$W = F d \cos \phi \quad \Rightarrow \quad W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

Figura 6.3 O trabalho realizado por uma força constante que forma um ângulo em relação ao deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

(a)

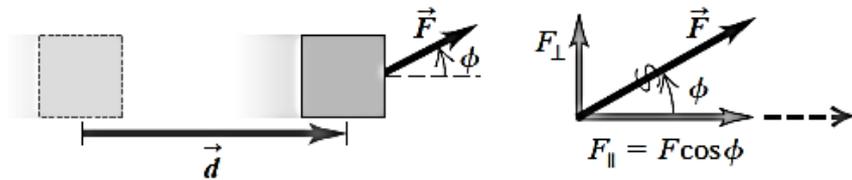
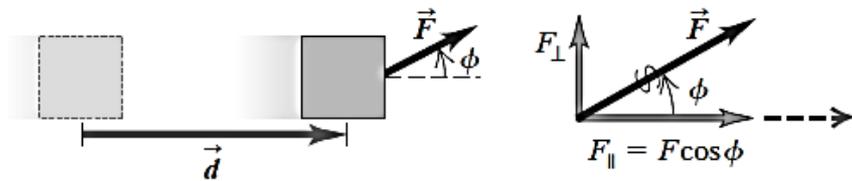


Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

(a)



A força possui um componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento:

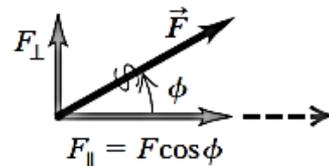
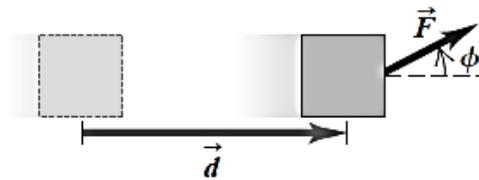
- O trabalho realizado sobre o objeto é positivo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$

Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

(a)



A força possui um componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é positivo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$

(b)

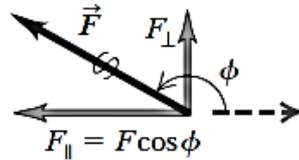
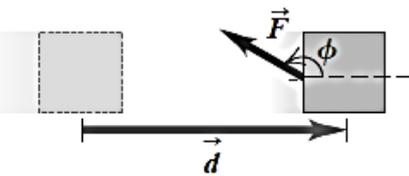
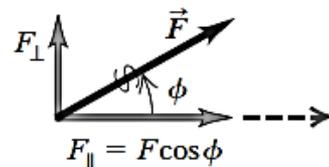
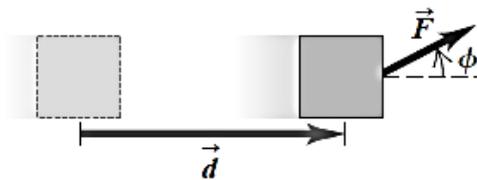


Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

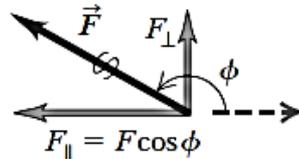
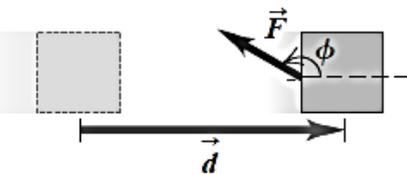
(a)



A força possui um componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é positivo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$

(b)



A força possui um componente no sentido contrário ao do deslocamento:

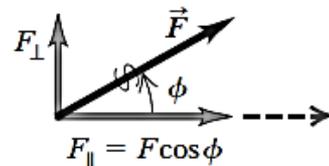
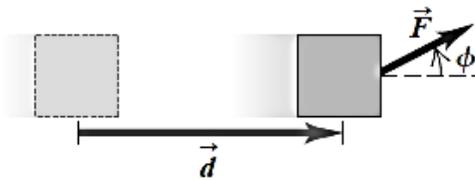
- O trabalho realizado sobre o objeto é negativo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$
- Matematicamente, $W < 0$ porque $F \cos \phi$ é negativo para $90^\circ < \phi < 270^\circ$.

Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

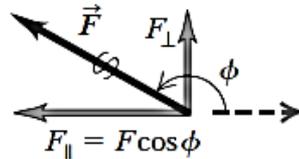
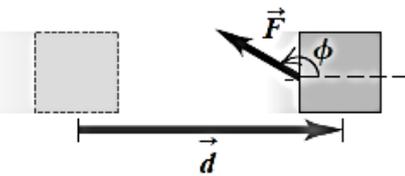
(a)



A força possui um componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é positivo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$

(b)



A força possui um componente no sentido contrário ao do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é negativo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$
- Matematicamente, $W < 0$ porque $F \cos \phi$ é negativo para $90^\circ < \phi < 270^\circ$.

(c)

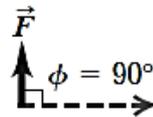
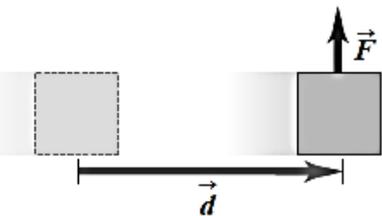
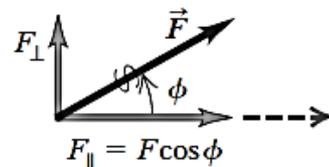
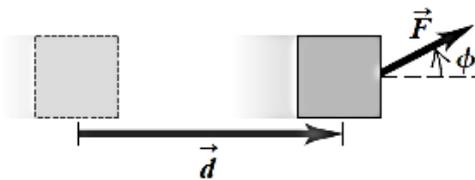


Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho: positivo, negativo ou nulo

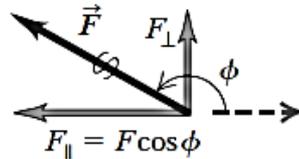
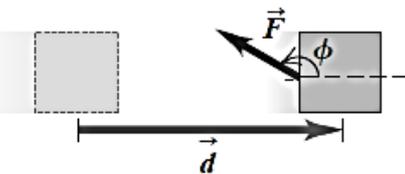
(a)



A força possui um componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é positivo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$

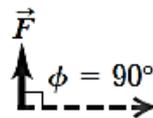
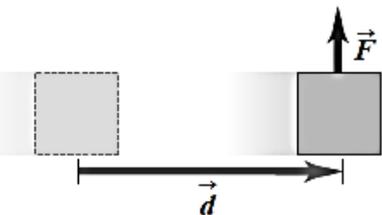
(b)



A força possui um componente no sentido contrário ao do deslocamento:

- O trabalho realizado sobre o objeto é negativo.
- $W = F_{\parallel}d = (F \cos \phi)d$
- Matematicamente, $W < 0$ porque $F \cos \phi$ é negativo para $90^\circ < \phi < 270^\circ$.

(c)



A força é perpendicular à direção do deslocamento:

- A força não realiza nenhum trabalho sobre o objeto.
- Generalizando, quando uma força que atua sobre um objeto possui um componente F_{\perp} ortogonal ao deslocamento do objeto, esse componente não realiza nenhum trabalho sobre o objeto.

Figura 6.4 Uma força constante pode realizar um trabalho positivo, negativo ou nulo, dependendo do ângulo entre essa força e o deslocamento.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho

- Sempre nos referimos ao trabalho realizado *por* uma força específica *sobre* um determinado corpo.

Trabalho

- Sempre nos referimos ao trabalho realizado *por* uma força específica *sobre* um determinado corpo.
- O trabalho *total* W_{tot} realizado por todas as forças sobre o corpo é a soma algébrica de todos os trabalhos realizados pelas forças individuais.

Trabalho

- Sempre nos referimos ao trabalho realizado *por* uma força específica *sobre* um determinado corpo.
- O trabalho *total* W_{tot} realizado por todas as forças sobre o corpo é a soma algébrica de todos os trabalhos realizados pelas forças individuais.
- Um método alternativo para calcular o trabalho total W_{tot} consiste em calcular a força resultante e a seguir usar essa soma vetorial para calcular o trabalho total.

Trabalho realizado por diversas forças

Exemplo 6.2

Um fazendeiro engata um trenó carregado de madeira ao seu trator e o puxa até uma distância de 20 m ao longo de um terreno horizontal. O peso total do trenó carregado é igual a 14.700 N. O trator exerce uma força constante de 5000 N, formando um ângulo de $36,9^\circ$ acima da horizontal. Existe uma força de atrito de 3500 N que se opõe ao movimento.

Calcule o trabalho que cada força realiza sobre o trenó e o trabalho total realizado por todas as forças.

Trabalho realizado por diversas forças

Exemplo 6.2

Um fazendeiro engata um trenó carregado de madeira ao seu trator e o puxa até uma distância de 20 m ao longo de um terreno horizontal. O peso total do trenó carregado é igual a 14.700 N. O trator exerce uma força constante de 5000 N, formando um ângulo de $36,9^\circ$ acima da horizontal. Existe uma força de atrito de 3500 N que se opõe ao movimento.

Calcule o **trabalho** que cada força realiza **sobre o trenó** e o trabalho total realizado por todas as forças.

Trabalho realizado por diversas forças

Exemplo 6.2

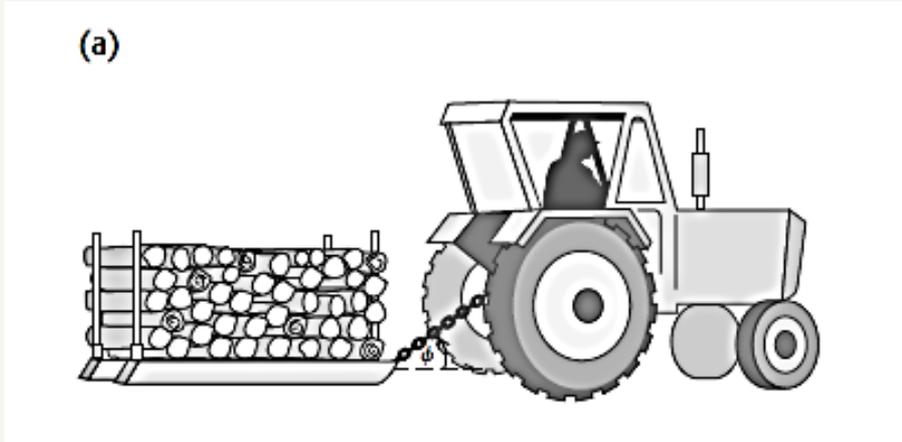
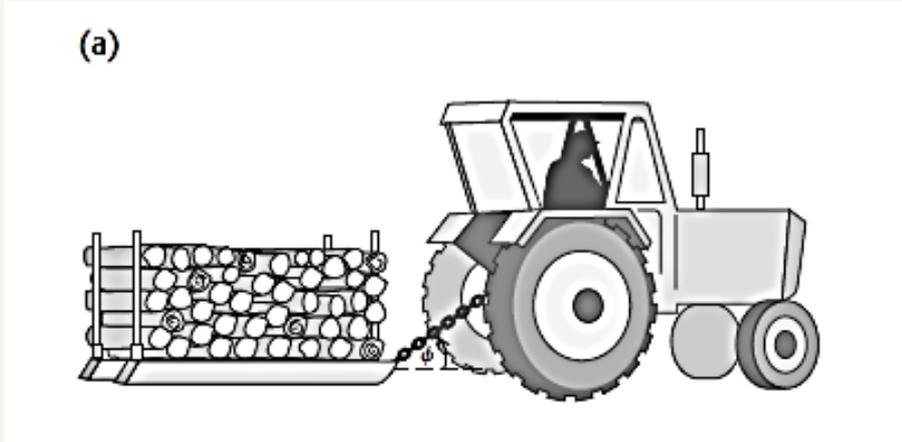


Figura 6.7 Cálculo do trabalho realizado sobre um tremó carregado de madeira sendo puxado por um trator.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho realizado por diversas forças

Exemplo 6.2



$$d = 20 \text{ m}$$

$$p = 14700 \text{ N}$$

$$F_t = 5000 \text{ N}$$

$$\phi = 36,9^\circ$$

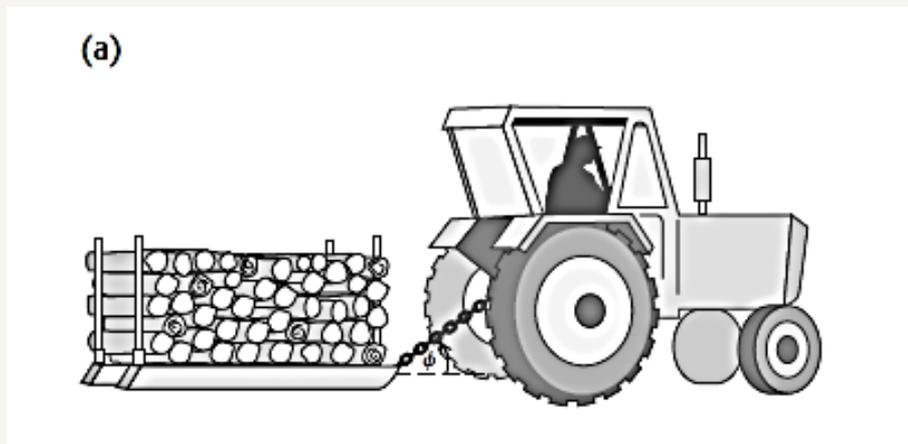
$$f = 3500 \text{ N}$$

Figura 6.7 Cálculo do trabalho realizado sobre um trenó carregado de madeira sendo puxado por um trator.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho realizado por diversas forças

Exemplo 6.2



$$d = 20 \text{ m}$$

$$p = 14700 \text{ N}$$

$$F_t = 5000 \text{ N}$$

$$\phi = 36,9^\circ$$

$$f = 3500 \text{ N}$$

(b) Diagrama do corpo livre para o trenó.

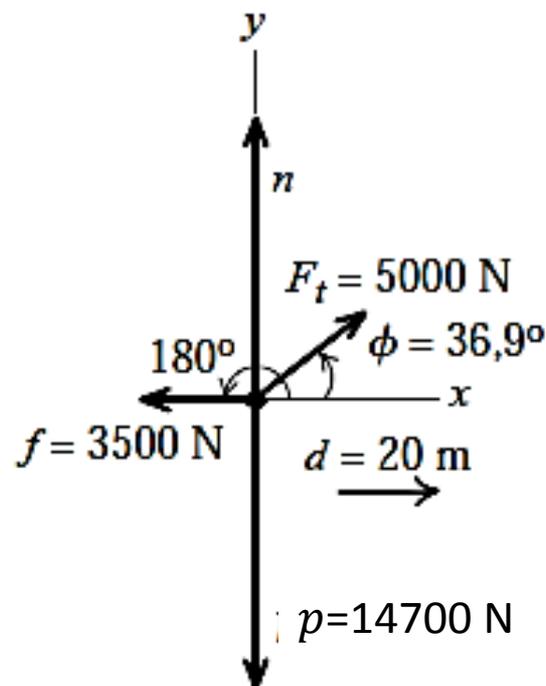


Figura 6.7 Cálculo do trabalho realizado sobre um trenó carregado de madeira sendo puxado por um trator.

Fonte: Sears e Zemansky

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k =$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$\mathbf{W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = 10 [kJ]}$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$\mathbf{W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = 10 [kJ]}$$

Método alternativo: Trabalho da força resultante

$$\sum F_x = F_t \cos\phi + (-f) =$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos \phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos \phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = \mathbf{10 [kJ]}$$

Método alternativo: Trabalho da força resultante

$$\sum F_x = F_t \cos \phi + (-f) = 5000 \cos 36,9 - 3500 = 500 \text{ N}$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$\mathbf{W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = 10 [kJ]}$$

Método alternativo: Trabalho da força resultante

$$\sum F_x = F_t \cos\phi + (-f) = 5000 \cos 36,9 - 3500 = 500 \text{ N}$$

$$W_{total} = \sum F_x d =$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = \mathbf{10 [kJ]}$$

Método alternativo: Trabalho da força resultante

$$\sum F_x = F_t \cos\phi + (-f) = 5000 \cos 36,9 - 3500 = 500 \text{ N}$$

$$W_{total} = \sum F_x d = 500 \times 20 =$$

Exemplo 6.2 - Resolução

Cálculo dos trabalhos das forças individuais

$$W_p = W_n = 0 \quad (\text{forças perpendiculares ao deslocamento})$$

$$W_t = F_t d \cos\phi = 5000 \times 20 \times \cos 36,9 = 80000 \text{ N.m}$$

$$W_f = f d \cos\phi = 3500 \times 20 \times \cos 180 = -70000 \text{ N.m}$$

$$W_{total} = W_p + W_n + W_t + W_f = 0 + 0 + 80k - 70k = \mathbf{10 [kJ]}$$

Método alternativo: Trabalho da força resultante

$$\sum F_x = F_t \cos\phi + (-f) = 5000 \cos 36,9 - 3500 = 500 \text{ N}$$

$$W_{total} = \sum F_x d = 500 \times 20 = \mathbf{10 [kJ]}$$

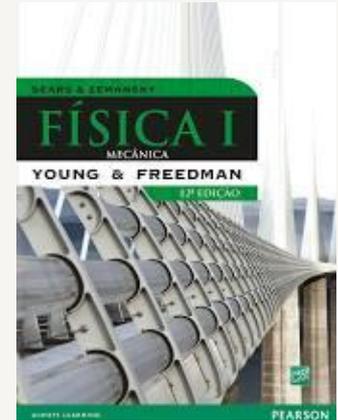
O entendimento da Física é atingido por um conjunto de ações:

- ✓ Vídeo aulas teóricas.
- ✓ Vídeo de exemplos.
- ✓ Leitura do livro texto (**imprescindível**).
- ✓ Prática através de exercícios.
- ✓ Esclarecimento de dúvidas.

Referências

1. H.D. YOUNG, R.A. FREEDMAN, Sears e Zemansky, Física I – Mecânica, Addison Wesley Ed, São Paulo, 12a Edição, 2008. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/270>



2. M. ALONSO e, E.J. FINN, Física: Um Curso Universitário. v.1, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1999. Disponível em:

<https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/158847>



Contatos



profhenriquefaria.com



henrique.faria@unesp.br