

SEM0585

Mecânica Geral

Aula #4: Equilíbrio de corpo rígido e de um conjunto de corpos, diagrama de corpo-livre, equações de equilíbrio

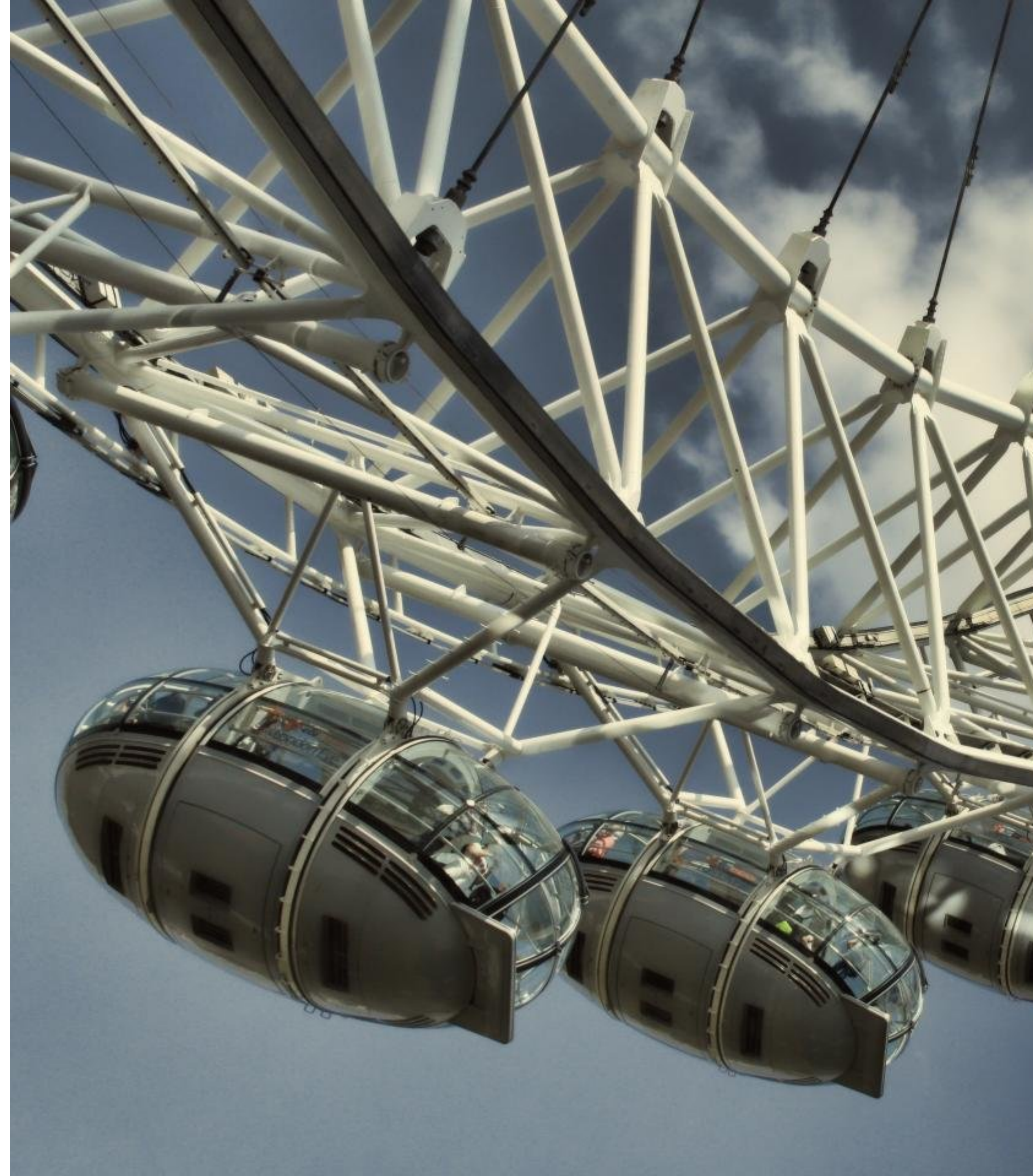
Prof. Assoc. Marcelo Becker

becker@sc.usp.br

Doutorando Gustavo José Giardini Lahr

gustavo.lahr@usp.br

São Carlos, 01/04/20



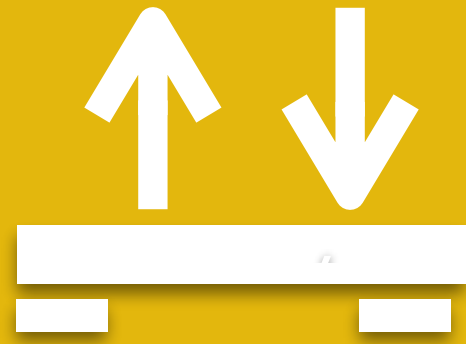
Mecânica

Geral

Programa da Disciplina

1. Definição de força, momento de uma força e momento de um binário utilizando grandezas vetoriais.
2. Carregamentos equivalentes e forças distribuídas.
3. Definição de vínculos e apoios, introdução de forças e momentos de restrição.
- 4. Equilíbrio de corpo rígido, diagrama de corpo-livre, equações de equilíbrio.**
- 5. Equilíbrio de um conjunto de corpos (estruturas de máquinas).**
6. Atrito, aplicações em equilíbrio estático.
7. Esforços internos, métodos analíticos e gráficos, diagramas de esforços internos.
8. Cinemática de corpos rígidos e de um conjunto de corpos.
9. Momento de inércia de massa. Teorema de eixos paralelos.
10. Equações de Newton-Euler para corpos rígidos em movimento plano.
11. Conservação da Energia e Princípio do Trabalho e Energia.
12. Introdução ao conceito de vibrações.

Conteúdo



- Carregamentos equivalentes e forças distribuídas.
- Vínculos e apoios
- Forças e momentos de restrição

Recordação



- Exemplos de Aplicação em Estruturas Estáticas

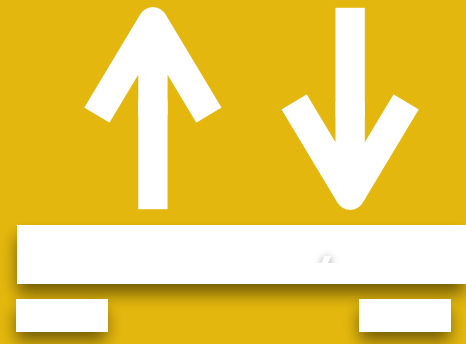
Aplicação



- “Take-home messages”

Conclusão

Conteúdo



- Carregamentos equivalentes e forças distribuídas.
- Vínculos e apoios
- Forças e momentos de restrição

Recordação

Aplicação

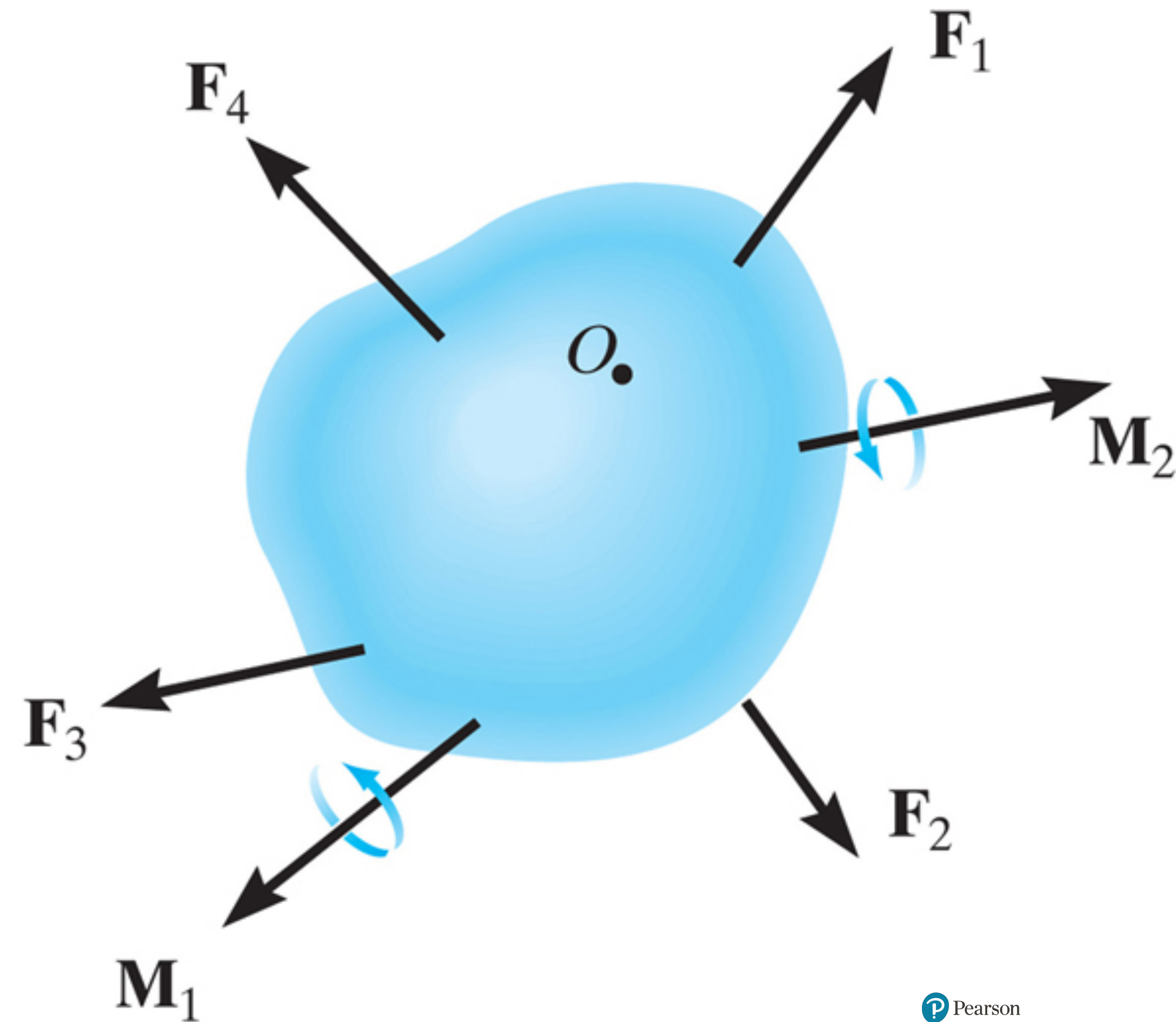
Conclusão

Introdução

Recordação

Aplicação

Conclusão



Pearson

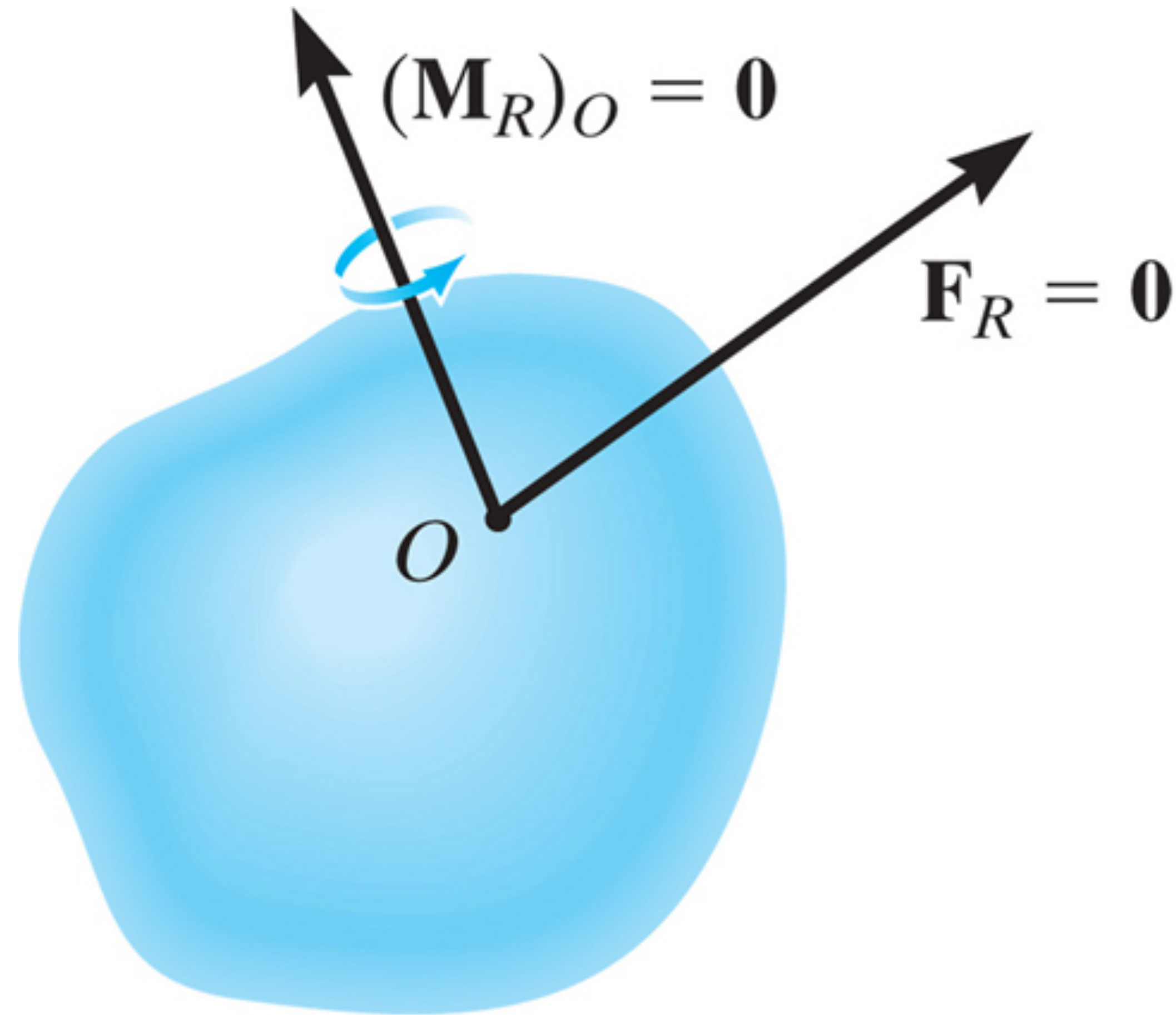
Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Introdução

Recordação

Aplicação

Conclusão



Vínculos e Apoios (2D)

Recordação

Aplicação

Conclusão

Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(1)  Cabo		Uma Incógnita. A reação é a força de tensão que age no corpo na direção do cabo.
(2)  Massa Desprezível	 or 	Uma Incógnita. A reação é a força que age ao longo da direção axial do corpo.



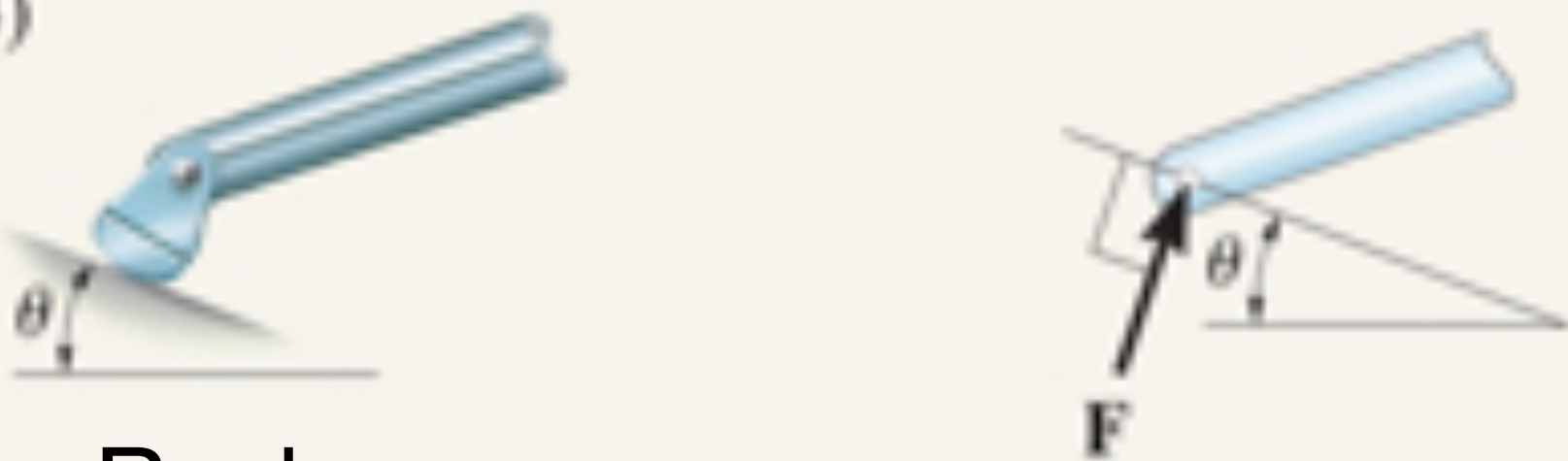
Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Vínculos e Apoios (2D)

Recordação

Aplicação

Conclusão

Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(3)  Roller		Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular à superfície do ponto de contato.
(4)  Rocker		Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular à superfície do ponto de contato.

Vínculos e Apoios (2D)

Recordação

Tipo de Vínculo

Reação

Número de Incógnitas

(5)



Superfície Lisa



Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular à superfície do ponto de contato.

(6)



Roller ou Pino



or



Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular ao rasgo.

(7)



Corpo conectado por pino a Colar sem atrito



or



Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular à superfície do colar.

Vínculos e Apoios (2D)

Recordação

Aplicação

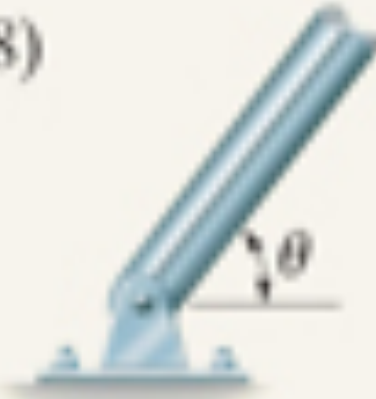
Conclusão

Tipo de Vínculo

Reação

Número de Incógnitas

(8)



or



Junta de Rotação

Duas Incógnitas. A reação tem 2 componentes. Uma ao longo do eixos x e outra, do eixo y.

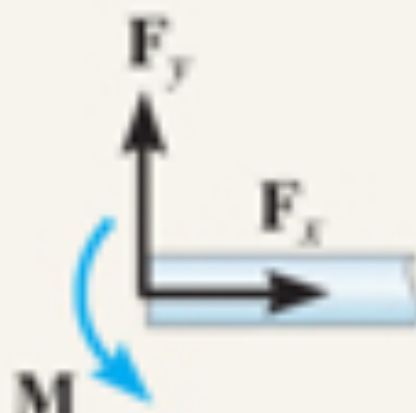
(9)



Barra engastada a um Colar

Duas Incógnitas. A reação tem 2 componentes. Uma força perpendicular ao colar e um torque.

(10)



or



Barra engastada

Três Incógnitas. A reação tem 2 componentes de força e um torque.

Vínculos e Apoios (3D)

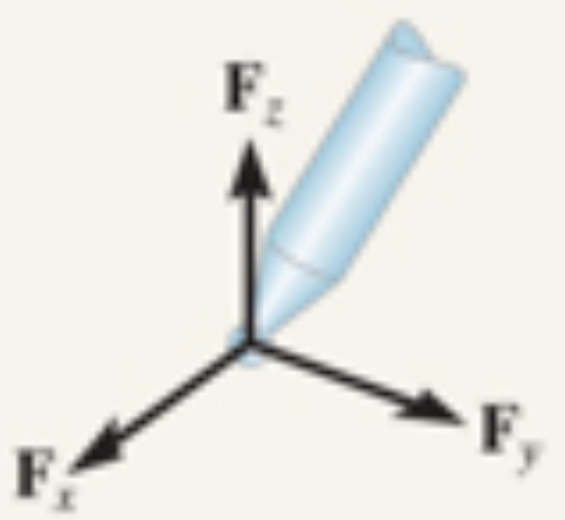
Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(1)  Cabo		Uma Incógnita. A reação é a força de tensão que age no corpo na direção do cabo.
(2)  Massa Desprezível		Uma Incógnita. A reação é a força que age ao longo da direção axial do corpo.
(3)  Roller		Uma Incógnita. A reação é a força que age na direção perpendicular à superfície do ponto de contato.

Vínculos e Apoios (3D)

Recordação

Aplicação

Conclusão

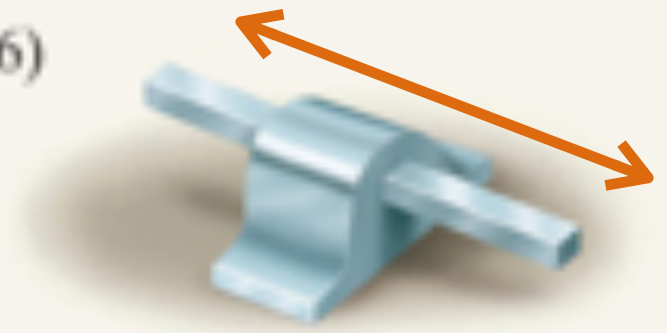
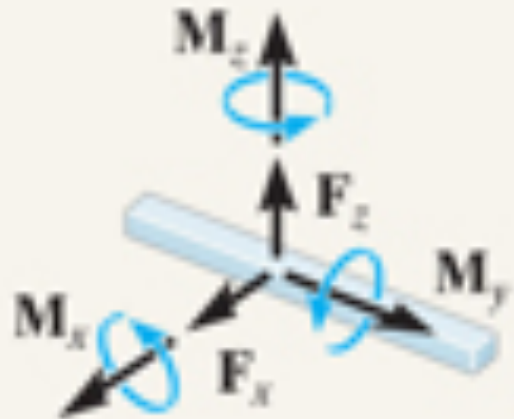
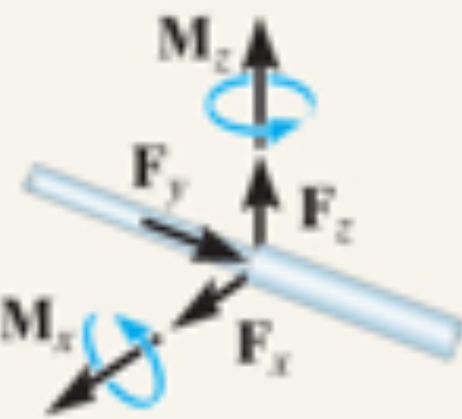
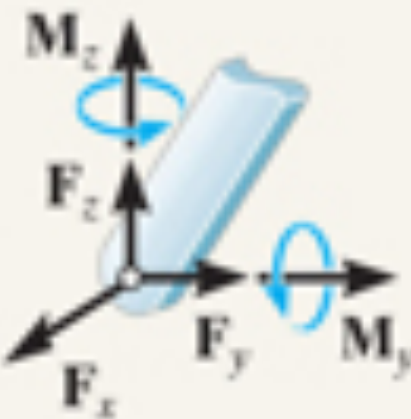
Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(4)  Junta de Esférica		Três Incógnitas. A reação tem 3 componentes. Ao longo dos eixos x, y e z.
(5)  Rolamento Journal Bearing		Quatro Incógnitas. A reação tem 2 componentes de força e 2 de torque, nas direções perpendiculares ao eixo.

Vínculos e Apoios (3D)

Recordação

Aplicação

Conclusão

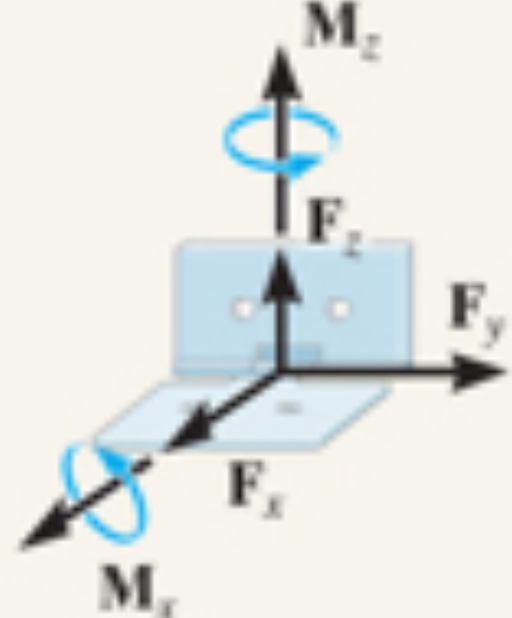
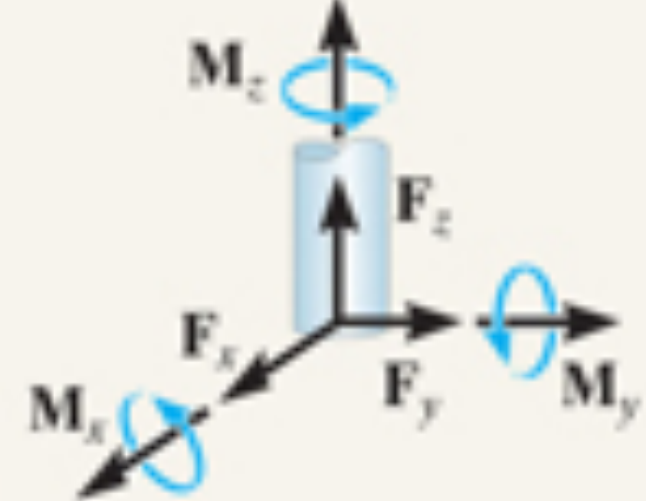
Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(6)  Rolamento Journal Bearing c/ Eixo de seção ■		Cinco Incógnitas. A reação tem 2 componentes de força nas direções perpendiculares ao eixo e 3 de torque.
(7)  Rolamento Axial Thrust Bearing		Cinco Incógnitas. A reação tem 3 componentes de força e 2 de torque, nas direções perpendiculares ao eixo.
(8)  Junta de Rotação		Cinco Incógnitas. A reação tem 3 componentes de força e 2 de torque.

Vínculos e Apoios (3D)

Recordação

Aplicação

Conclusão

Tipo de Vínculo	Reação	Número de Incógnitas
(9)  Dobradiça Junta Rotacional		Cinco Incógnitas. A reação tem 2 componentes de força nas direções perpendiculares ao eixo e 3 de torque.
(10)  Barra engastada		Seis Incógnitas. A reação tem 3 componentes de força e 3 de torque.

Alguma dúvida?



Conteúdo

Recordação



- Exemplos de Aplicação em Estruturas Estáticas

Aplicação

Conclusão

Exemplo # 1

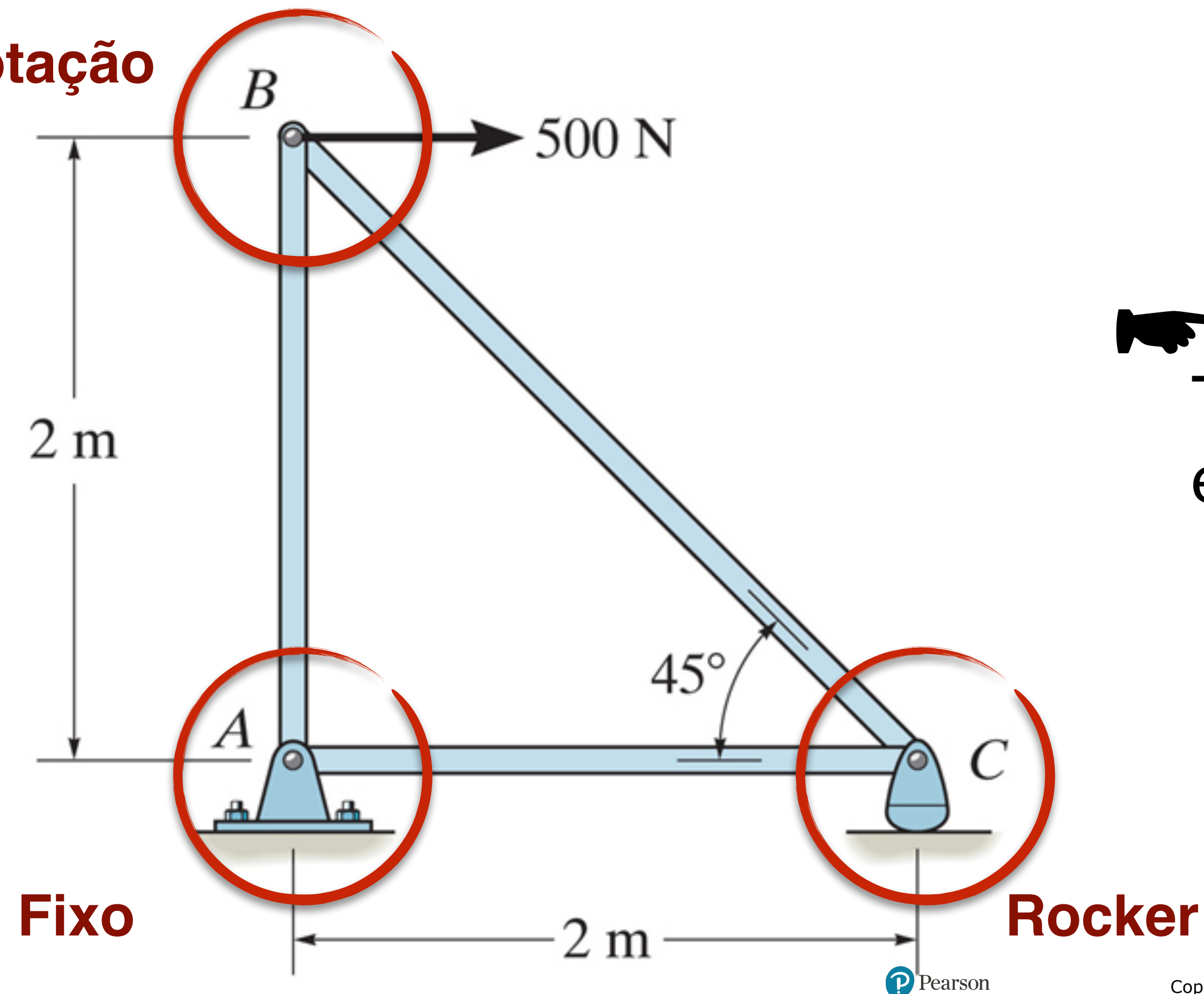
Recordação

Aplicação

Conclusão

Determine a força em cada elemento que forma a treliça abaixo e indique se essa força é de tração ou compressão.

Junta de Rotação



👉 **DICA:** Consultar Tabela de Vínculos e Apoios!

Pearson

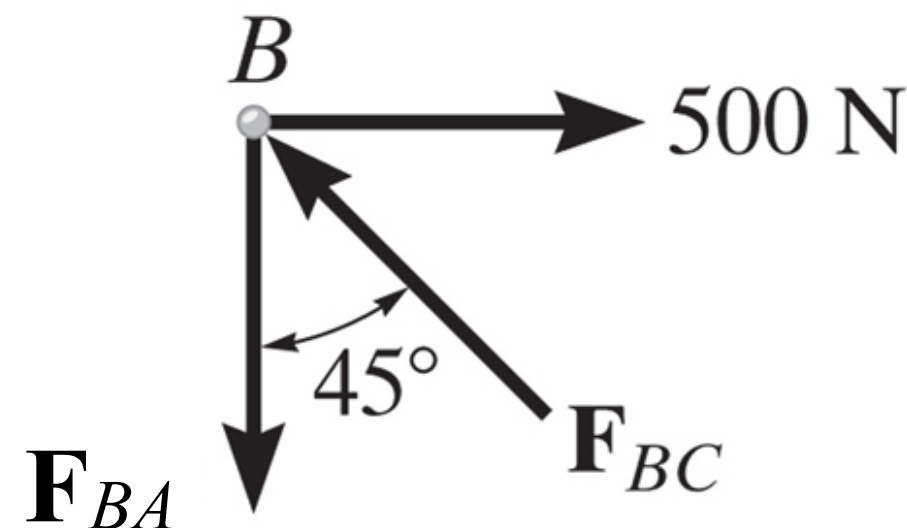
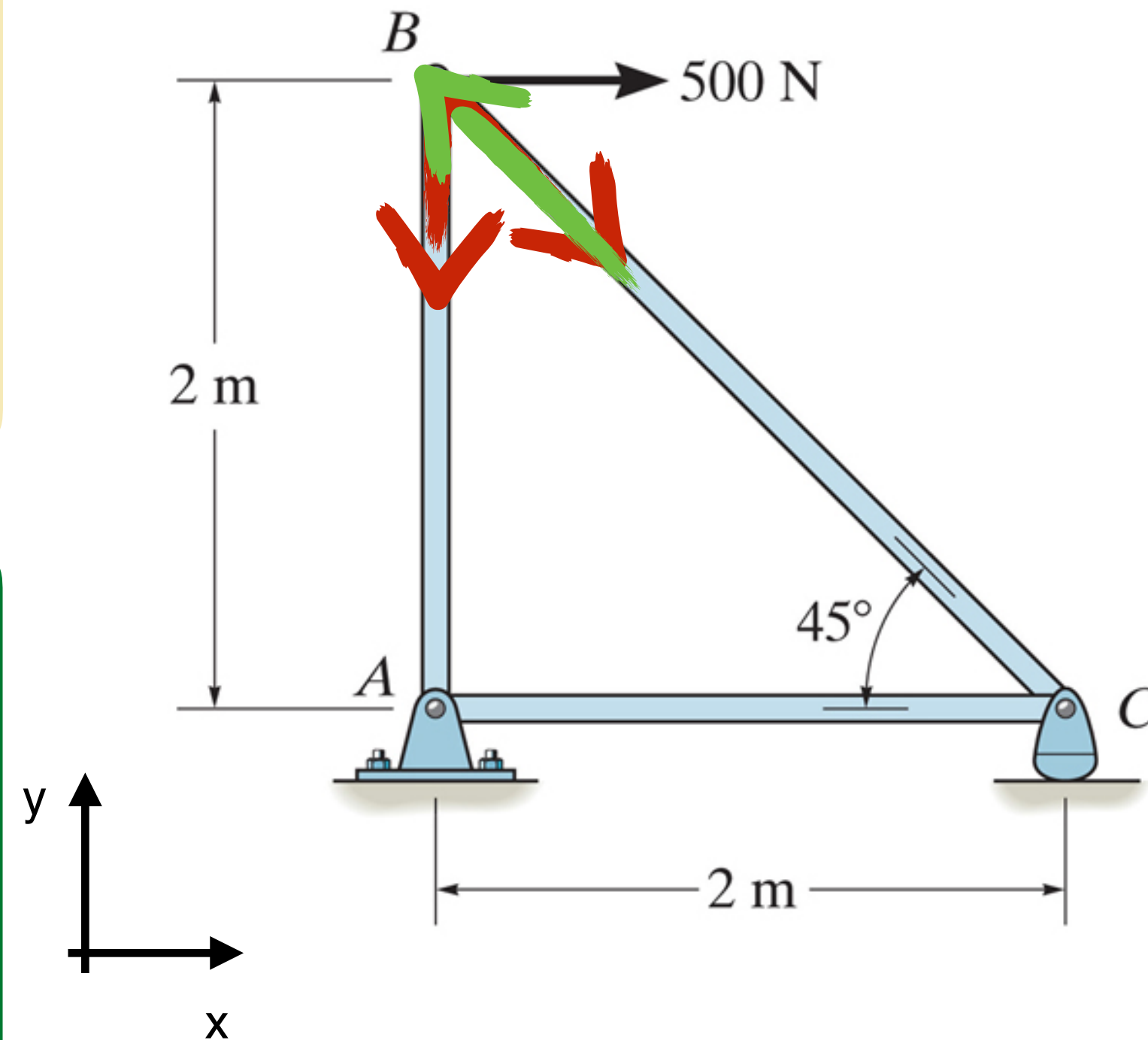
Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Exemplo # 1

Recordação

Aplicação

Conclusão



Para o nó B da treliça, tem-se:

$$\pm \sum F_x = 0 \quad 500\text{N} - F_{BC}.\text{sen}45^\circ = 0$$

$$F_{BC} = 500 / \text{sen}45^\circ$$

$$F_{BC} = 707,1\text{N}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad F_{BC}.\text{cos}45^\circ - F_{BA} = 0$$

$$F_{BA} = (707,1).\text{cos}45^\circ$$

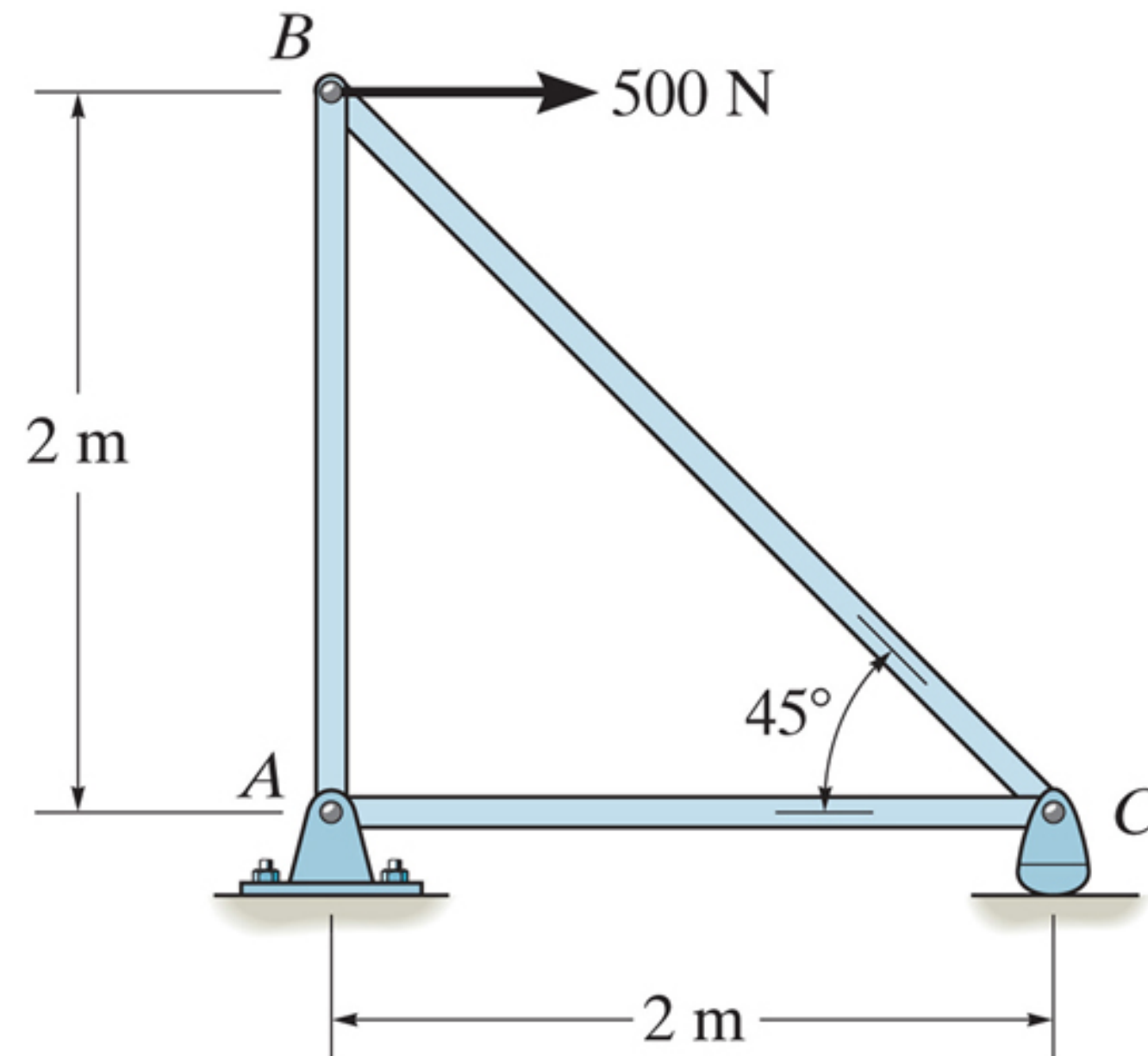
$$F_{BA} = 500\text{N}$$

Exemplo # 1

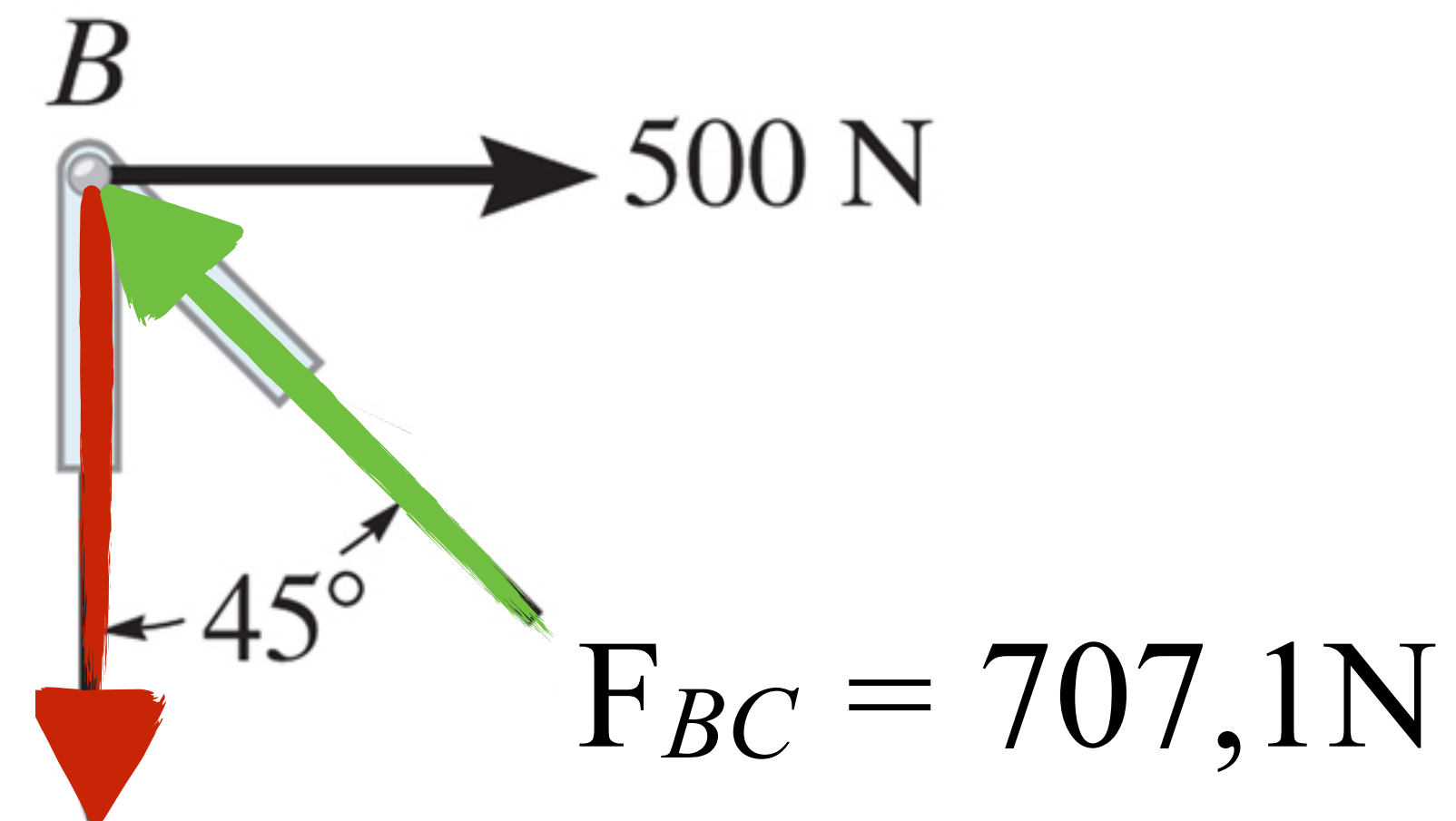
Recordação

Aplicação

Conclusão



Assim, para o nó B, tem-se:



$$F_{BA} = 500\text{ N}$$

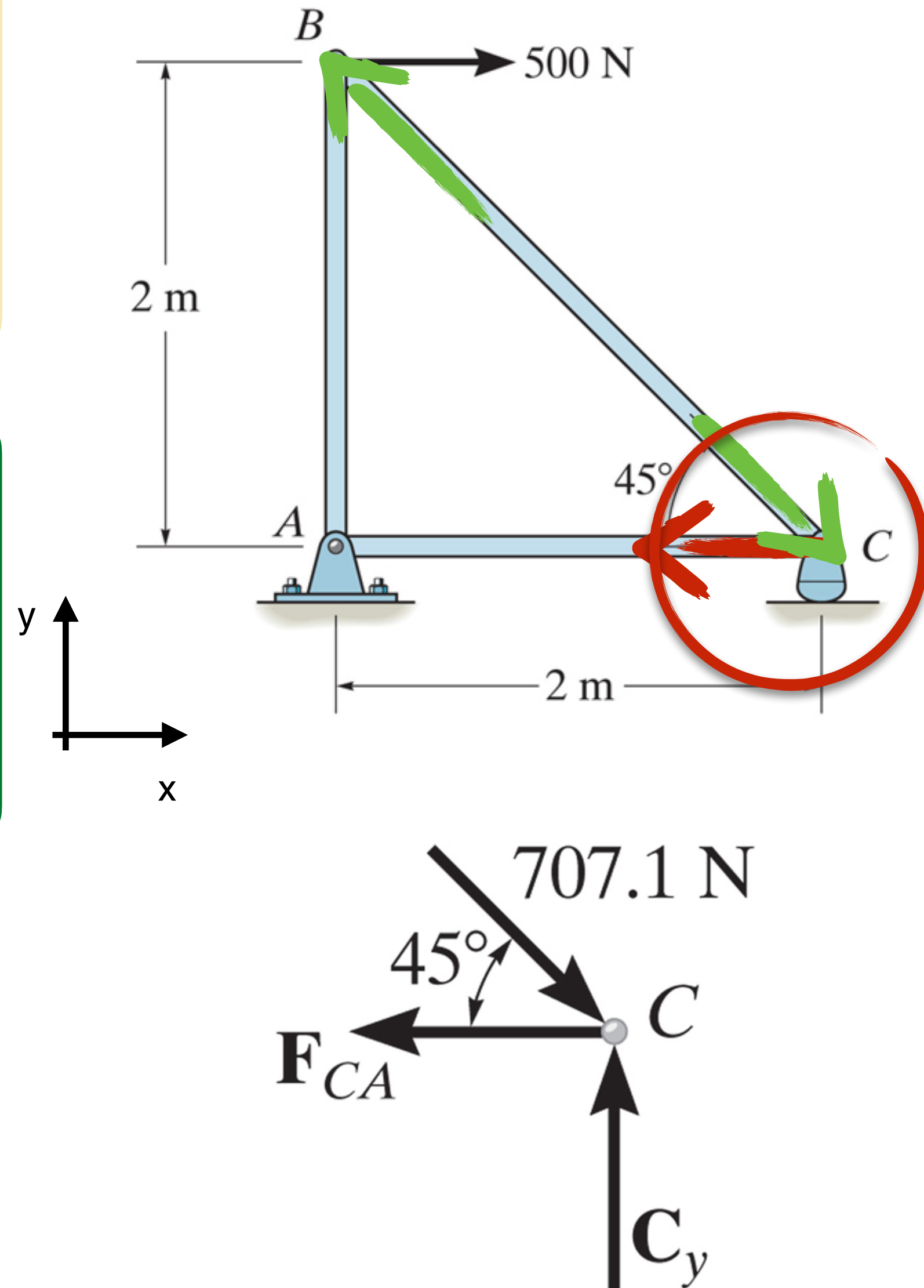
$$F_{BC} = 707,1\text{ N}$$

Exemplo # 1

Recordação

Aplicação

Conclusão



Para o nó C da treliça, tem-se:

$$\pm \sum F_x = 0 \quad - F_{CA} + 707,1 \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$F_{CA} = 500 \text{ N}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad C_y - 707,1 \cdot \cos 45^\circ = 0$$

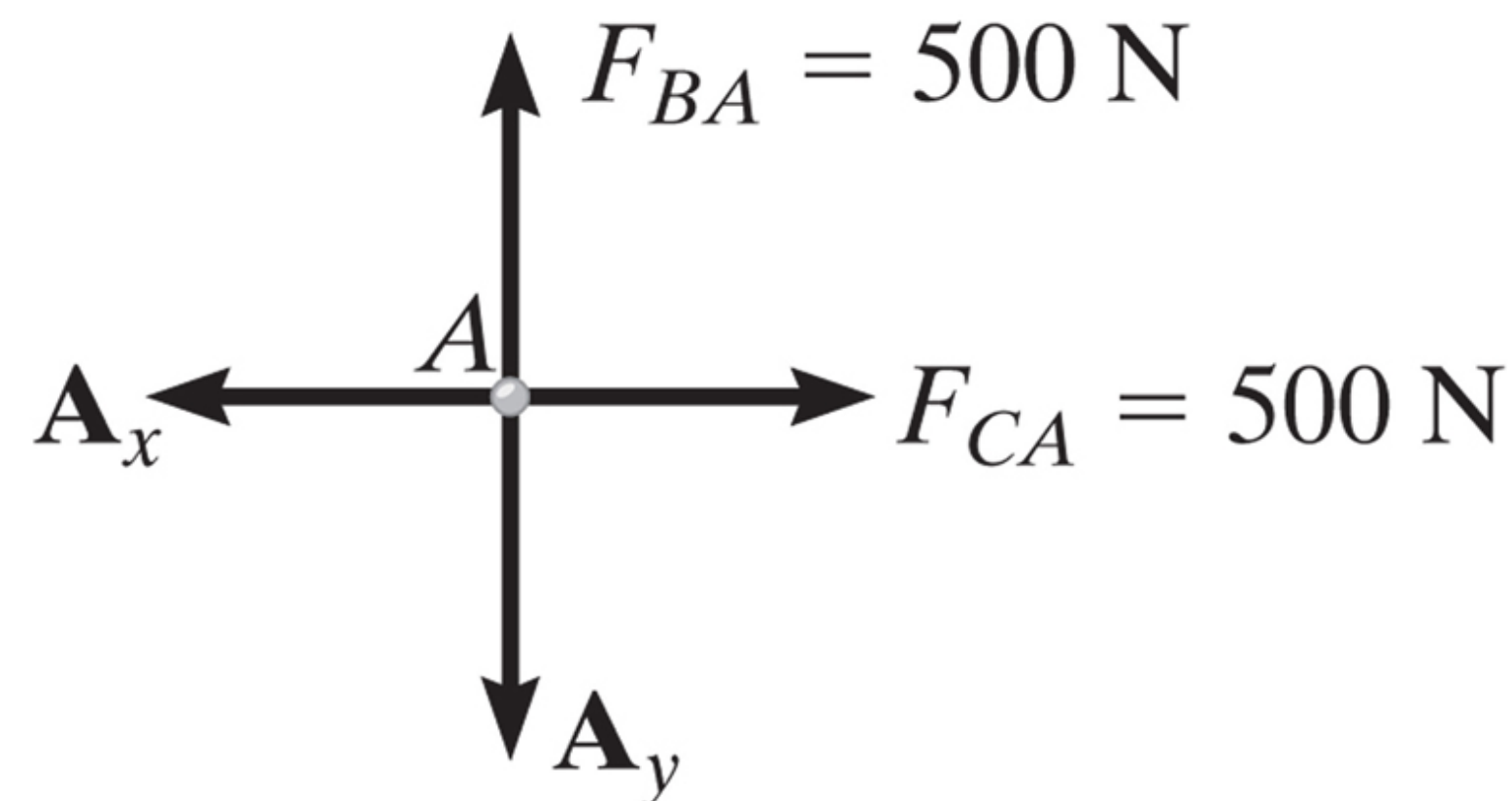
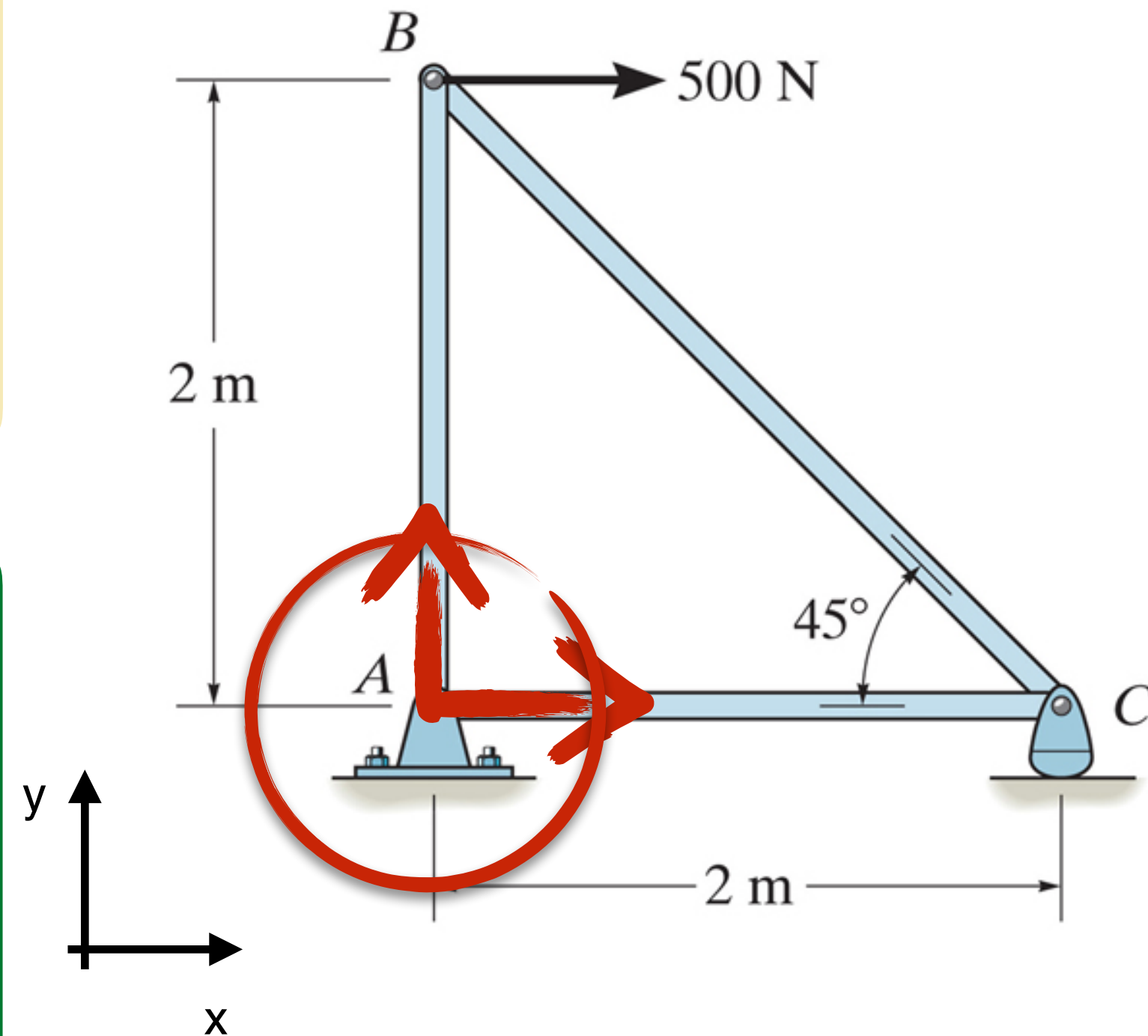
$$C_y = 500 \text{ N}$$

Exemplo # 1

Recordação

Aplicação

Conclusão



Para o nó A da treliça, tem-se:

$$\pm \sum F_x = 0 \quad 500 - A_x = 0$$

$$A_x = 500\text{N}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0 \quad 500 - A_y = 0$$

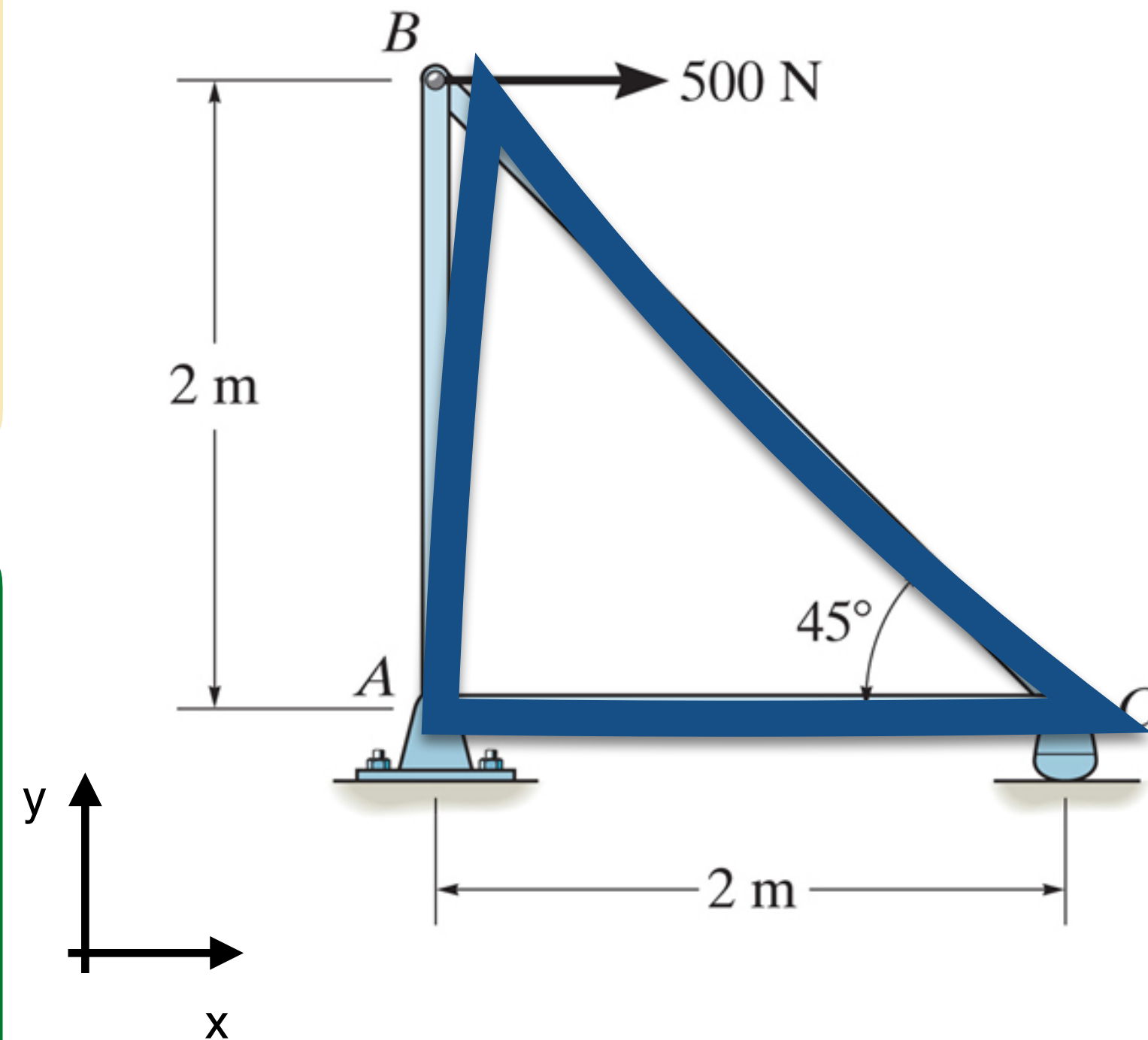
$$A_y = 500\text{N}$$

Exemplo # 1

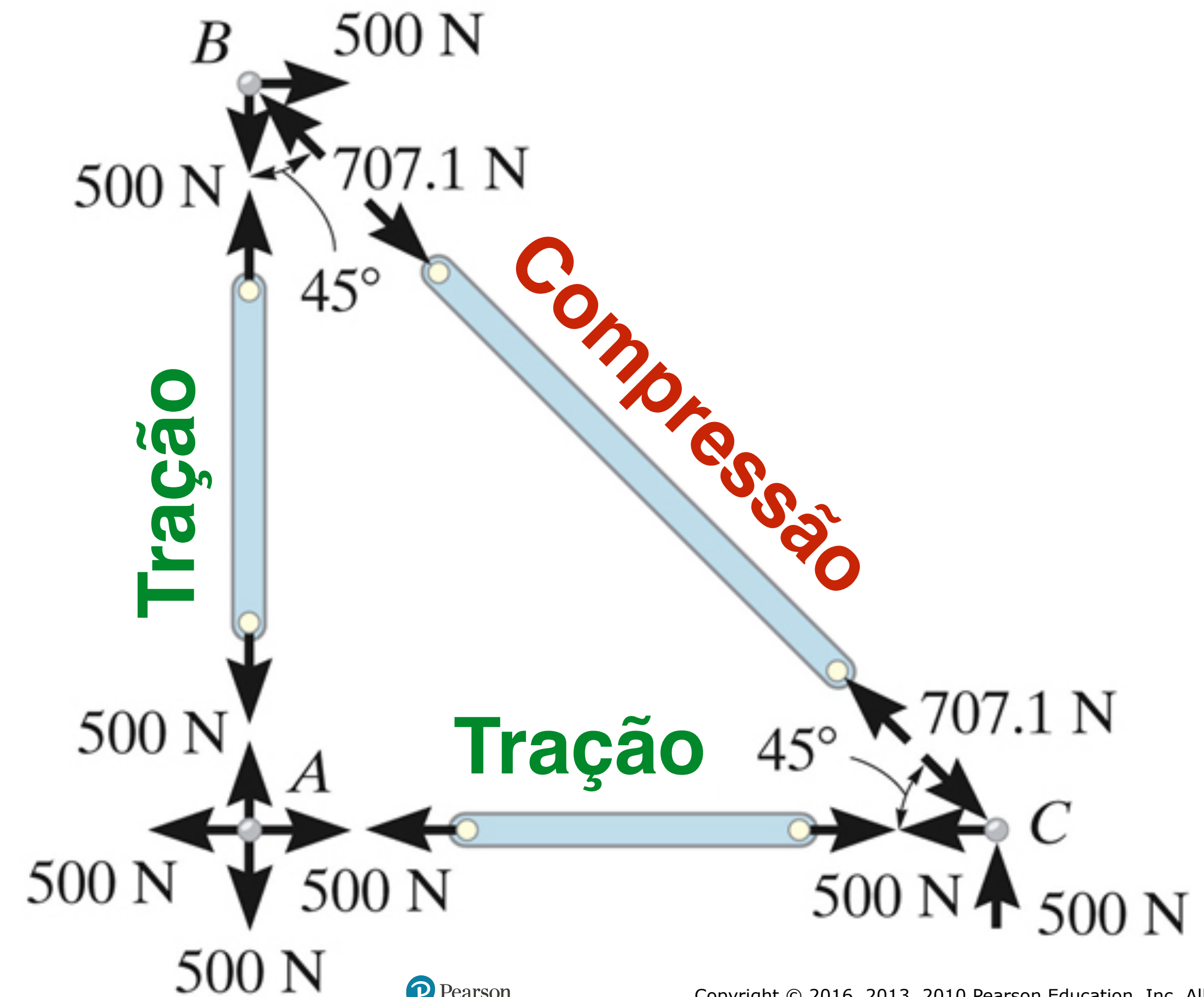
Recordação

Aplicação

Conclusão



Assim, para todos os nós da treliça, tem-se:



Pearson

Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Exemplo # 2

Recordação

Aplicação

Conclusão

Uma força de tração constante é mantida na correia de transporte graças ao uso do dispositivo mostrado na figura abaixo. Desenhe os diagramas de corpo livre da estrutura e do cilindro que sustenta a correia.



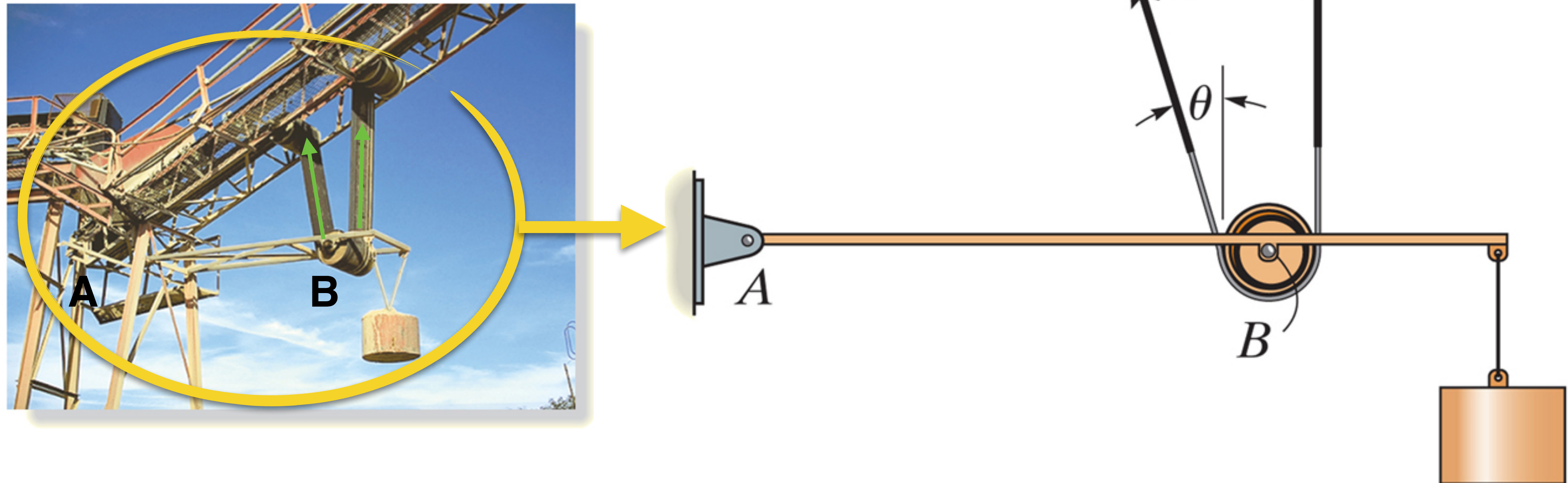
Exemplo # 2

Recordação

Aplicação

Conclusão

Para o conjunto, tem-se:



Exemplo # 2

Recordação

Diagramas de corpo livre:

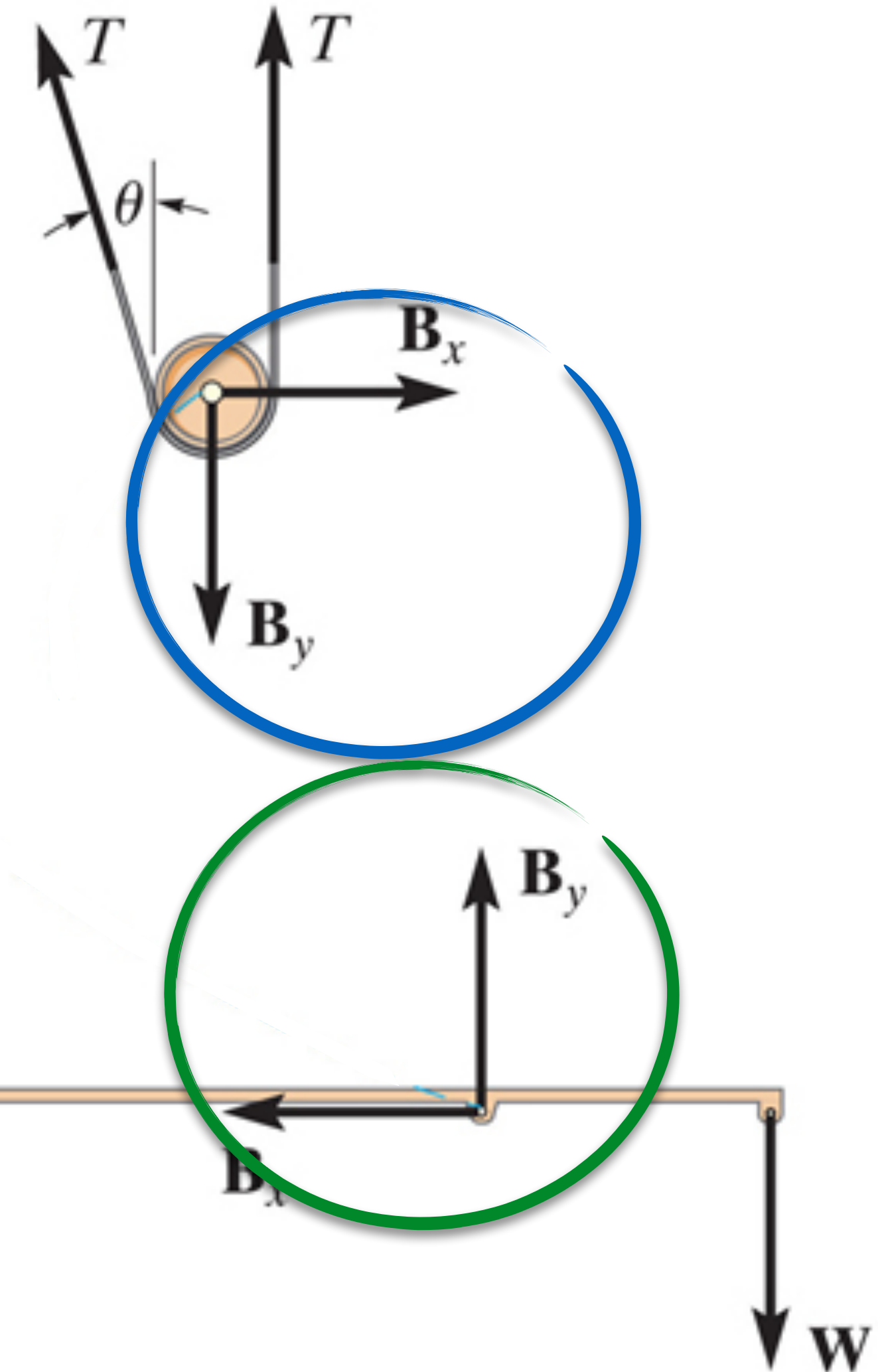
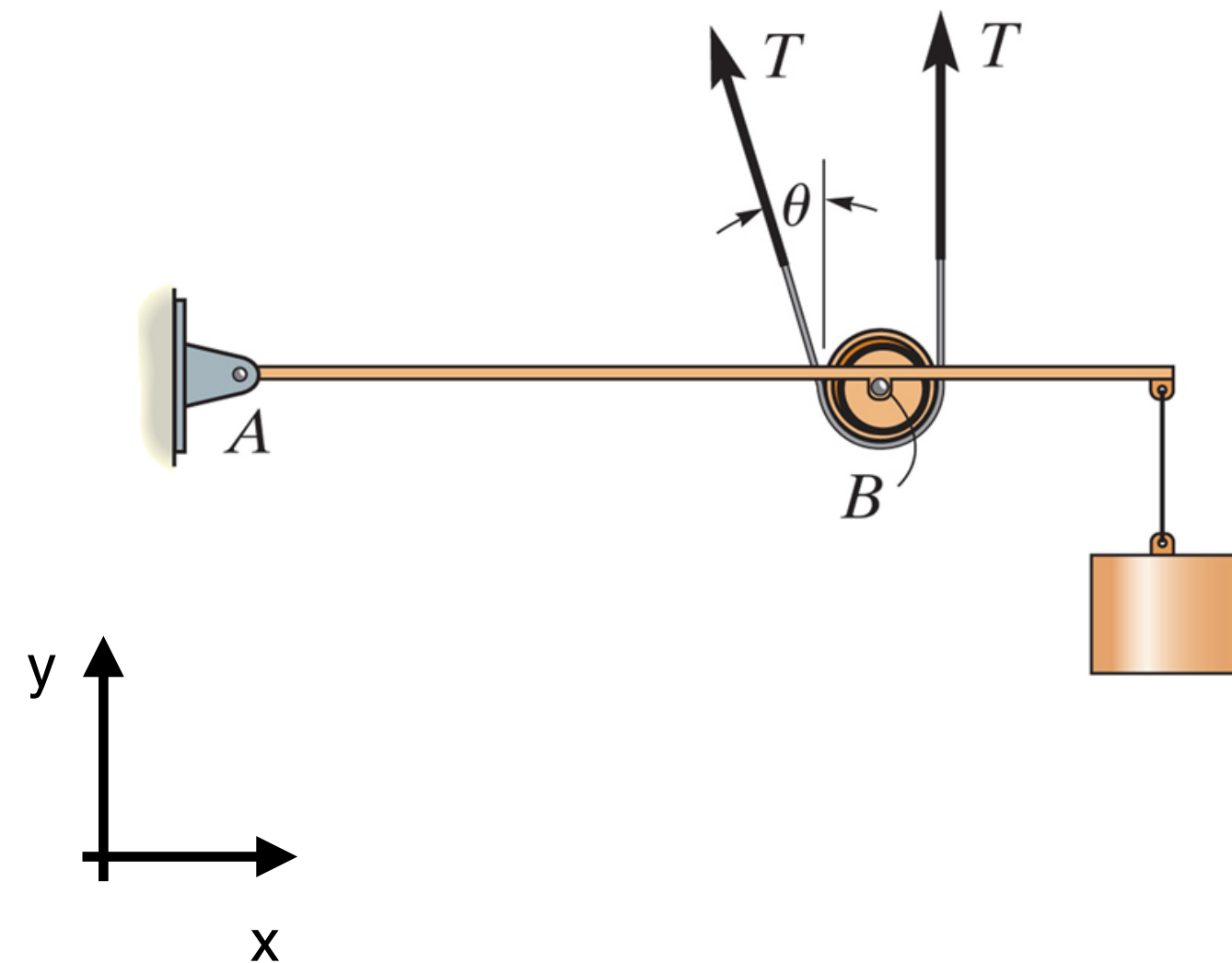
Para o cilindro, tem-se:

$$\begin{aligned} \pm \sum F_x &= 0 \\ + \uparrow \sum F_y &= 0 \end{aligned}$$

Para a barra, tem-se:

$$\begin{aligned} \pm \sum F_x &= 0 \\ + \uparrow \sum F_y &= 0 \\ \curvearrowright + \sum M_A &= 0 \end{aligned}$$

👉 **DICA:** Consultar
Tabela de Vínculos
e Apoios!



Exemplo # 3

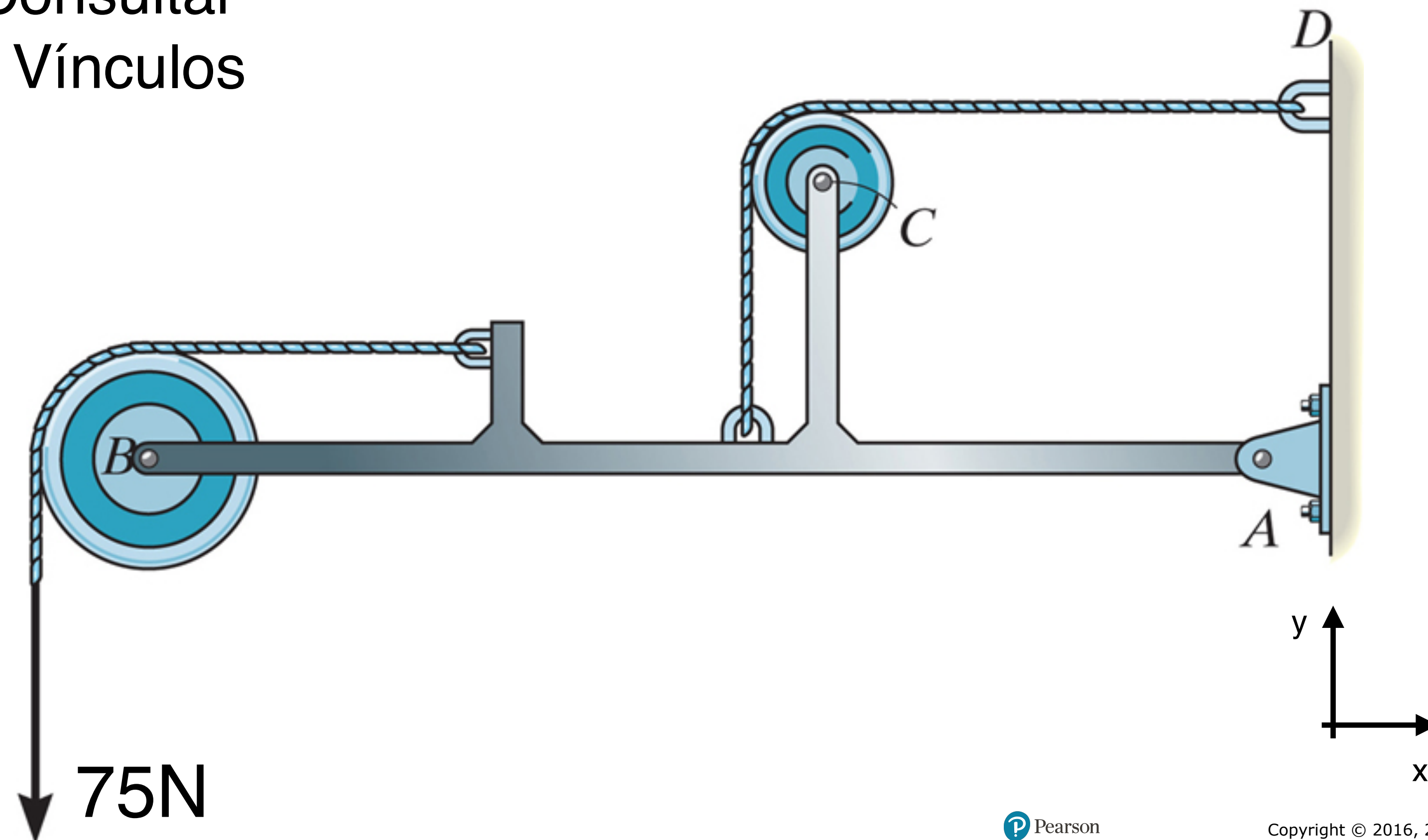
Recordação

Aplicação

Conclusão

Desenhe os diagramas de corpo livre da estrutura abaixo.

➡ **DICA:** Consultar Tabela de Vínculos e Apoios!



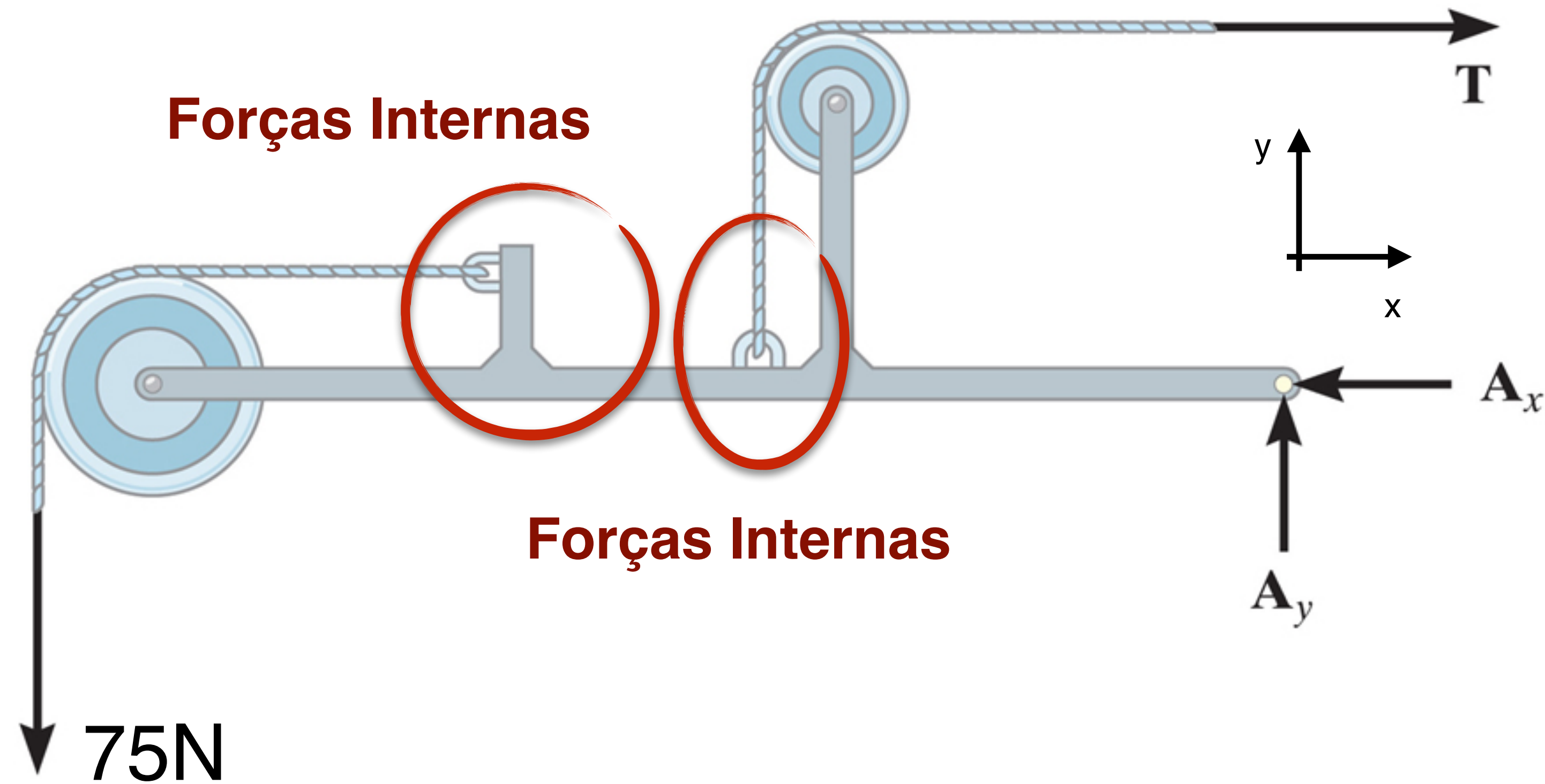
Pearson

Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Exemplo # 3

Recordação

Diagrama de corpo livre da estrutura toda:



Aplicação

Conclusão

Exemplo # 3

Recordação

Aplicação

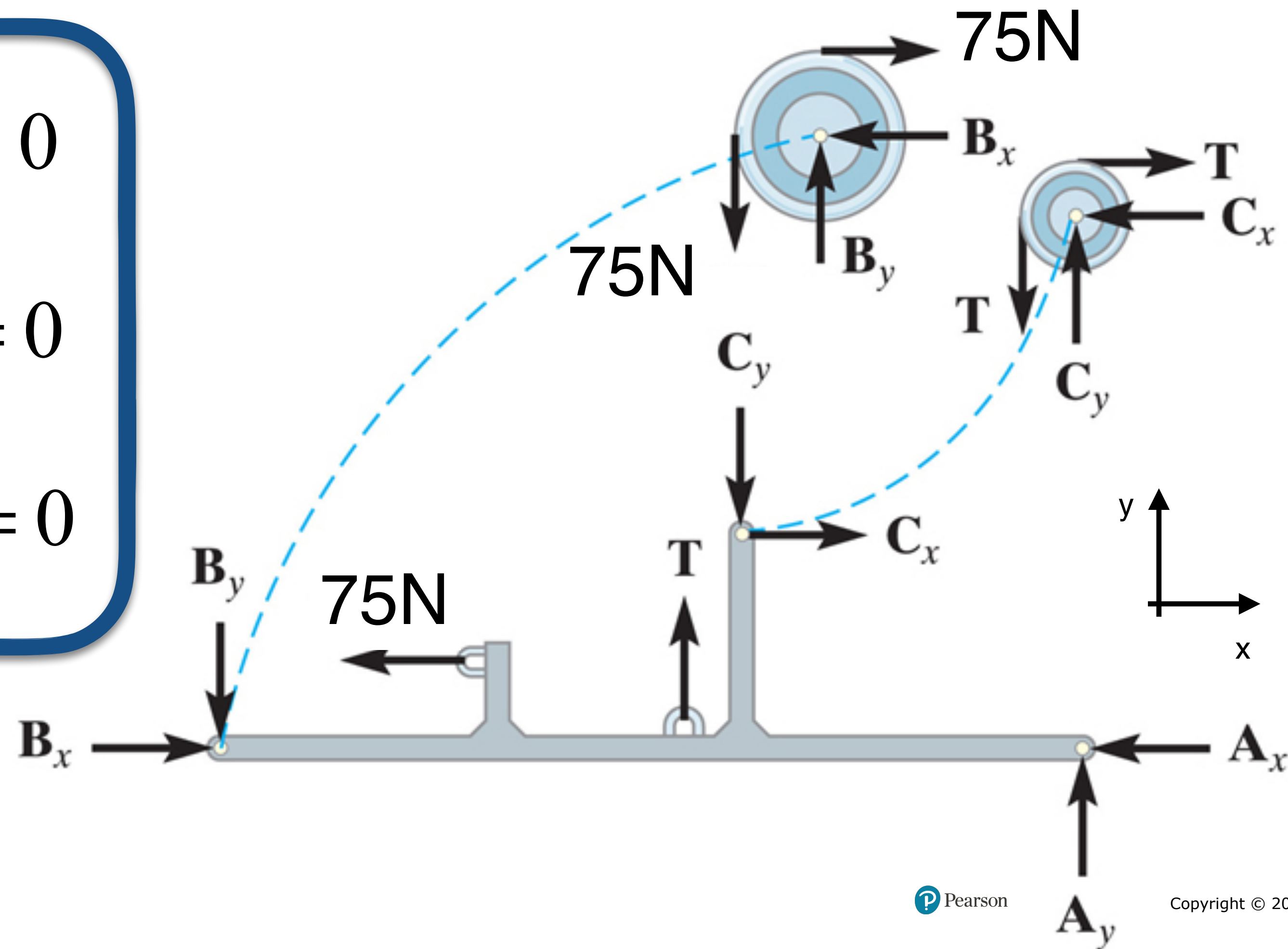
Conclusão

Diagramas de corpo livre cada parte da estrutura:

$$\pm \sum F_x = 0$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$\curvearrowright + \sum M_A = 0$$



Pearson

Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Exemplo # 4

Recordação

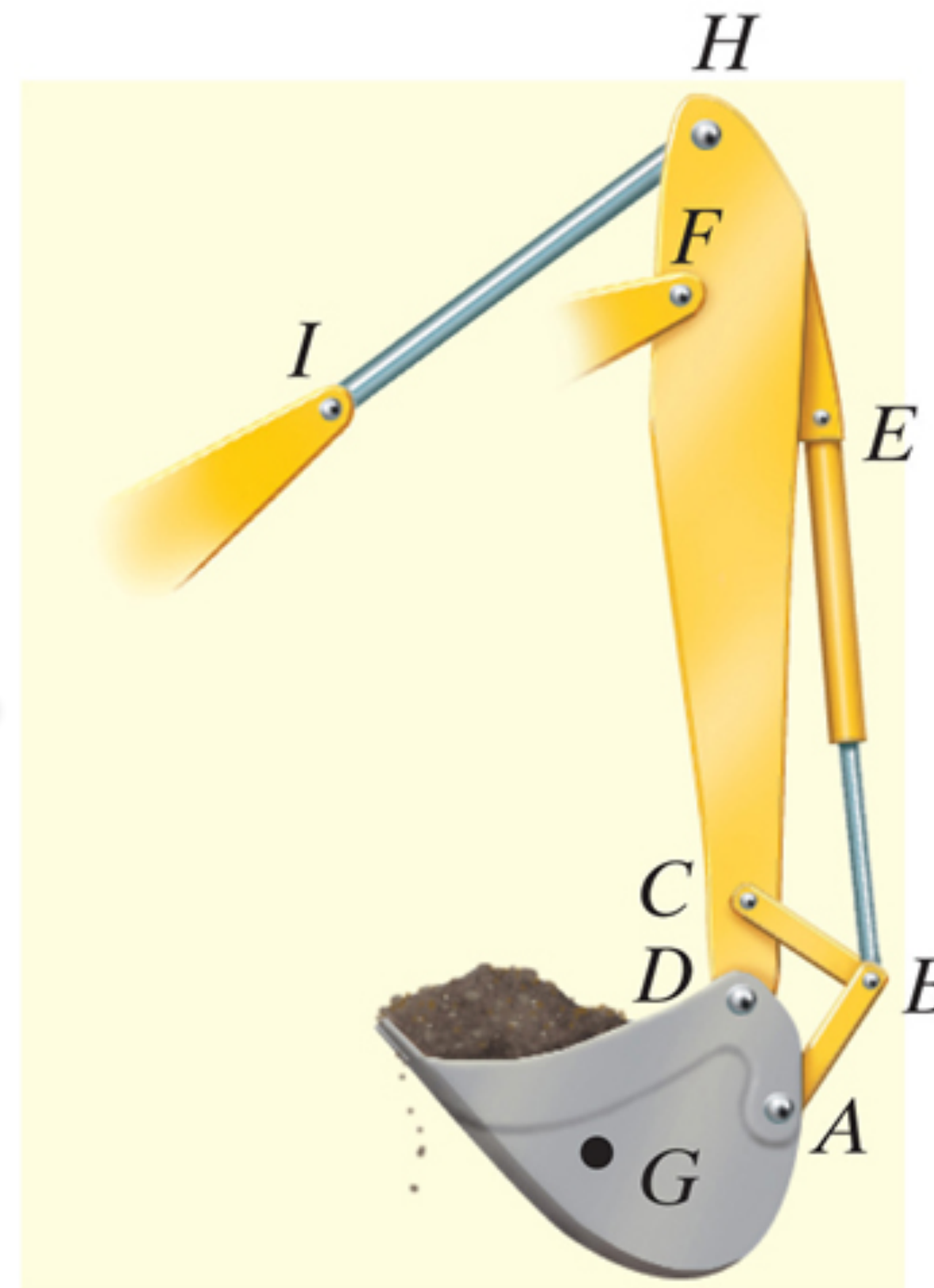
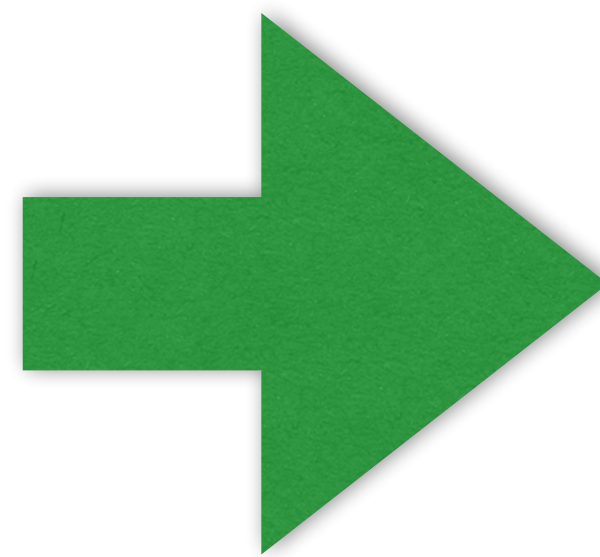
Aplicação

Conclusão

Desenhe os diagramas de corpo livre da caçamba e da lança vertical da retroescavadeira abaixo.



Caçamba



➡ **DICA:** Consultar Tabela de Vínculos e Apoios!

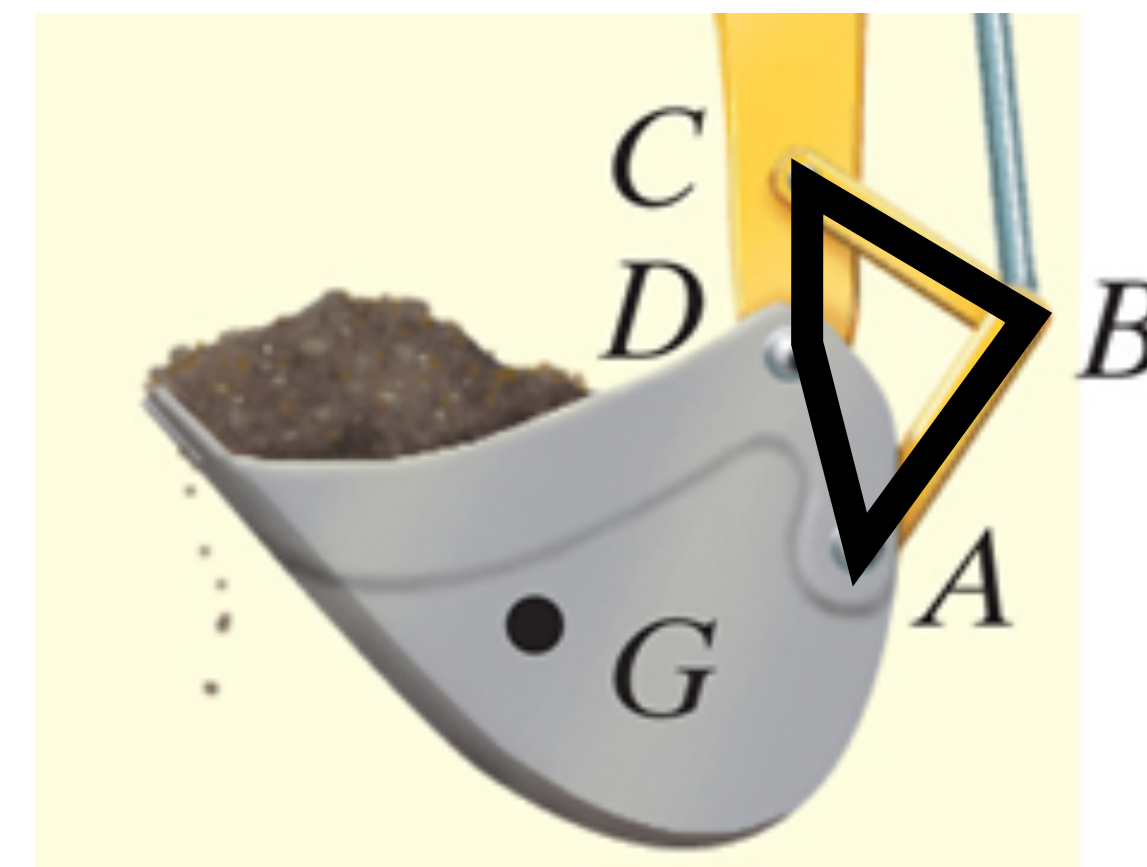
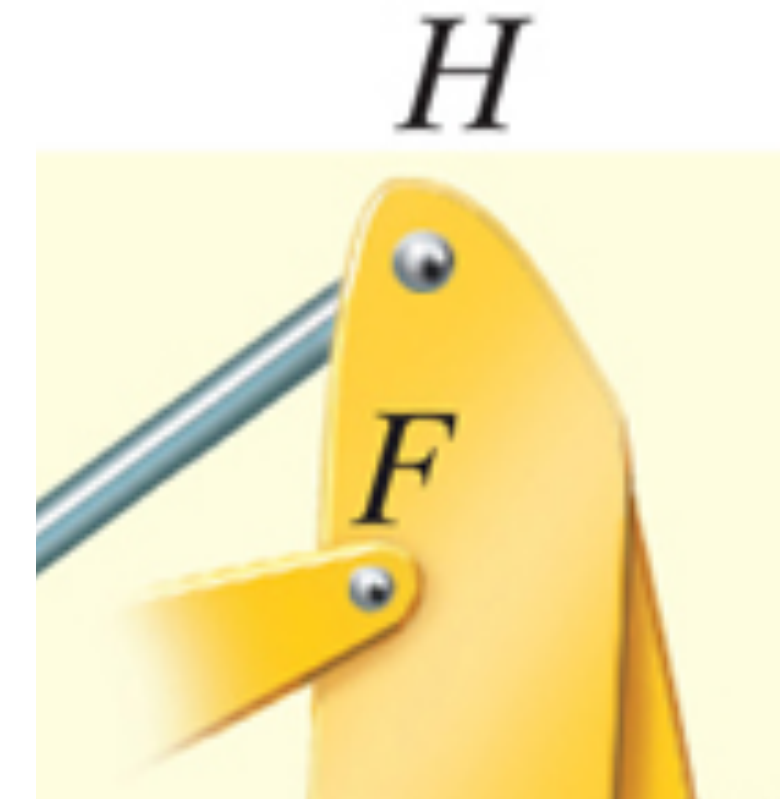
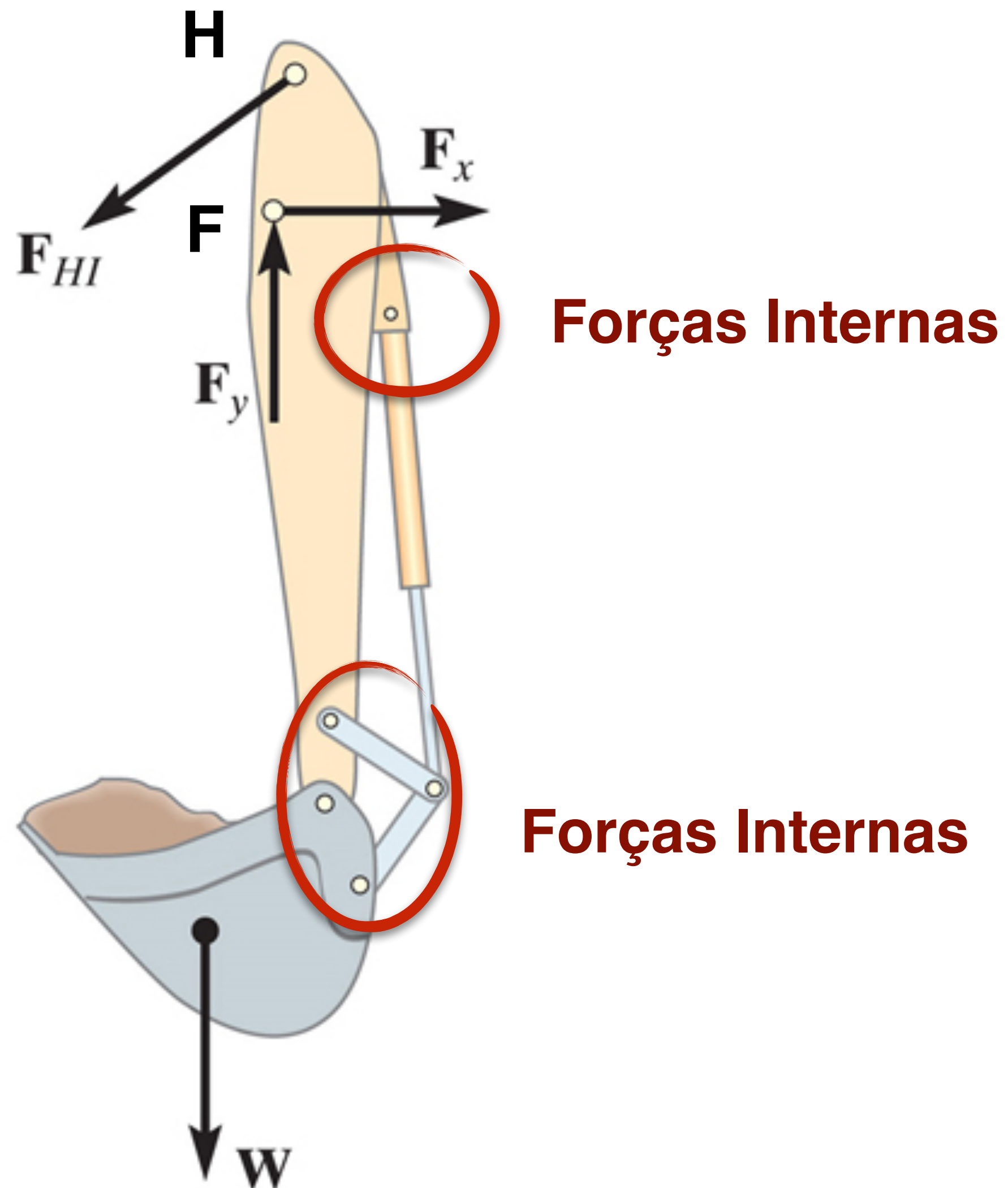
Exemplo # 4

Recordação

Aplicação

Conclusão

Diagrama de corpo livre do conjunto:



**Mecanismo
4-barras**

Exemplo # 4

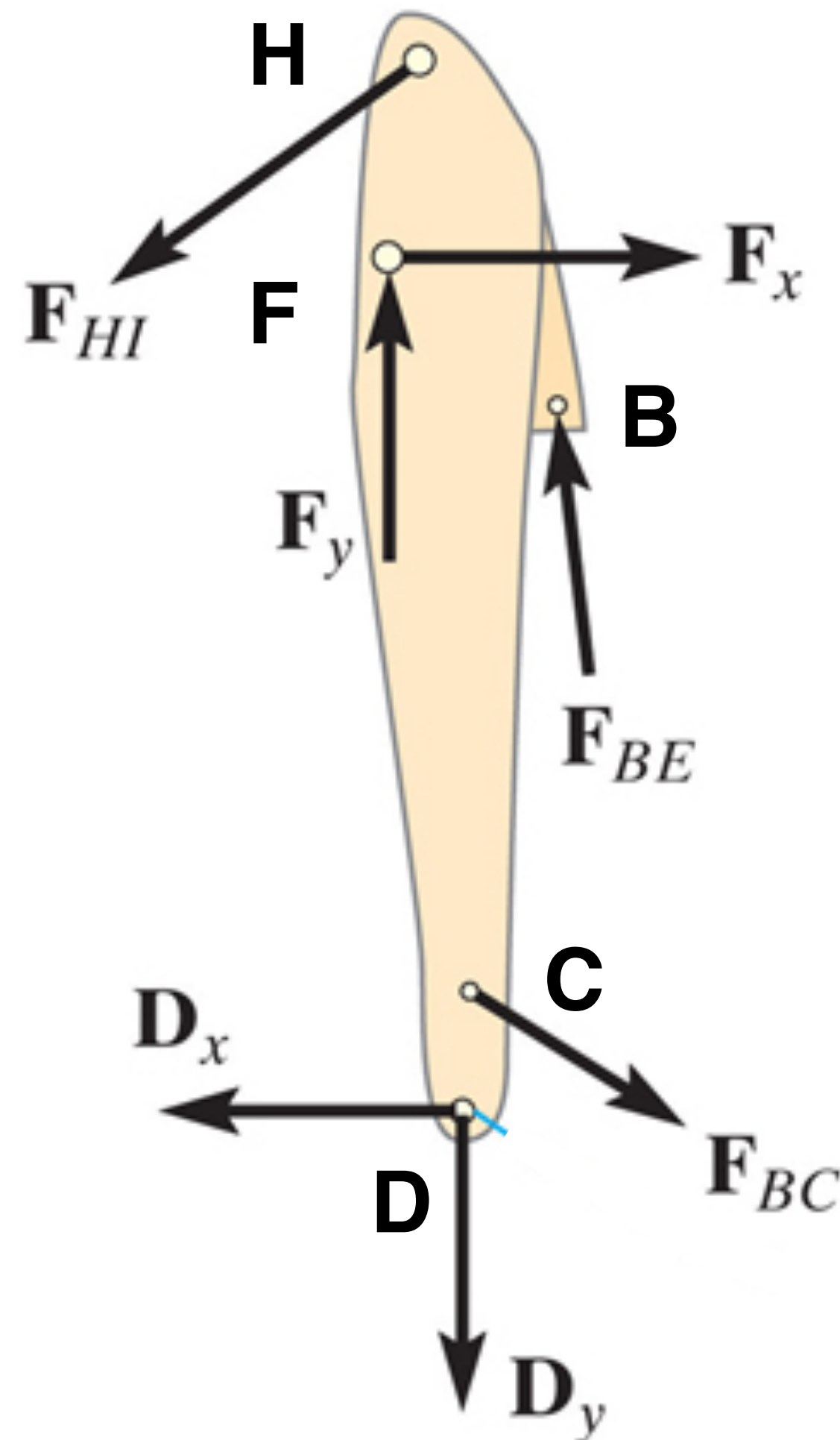
Recordação

Aplicação

Conclusão

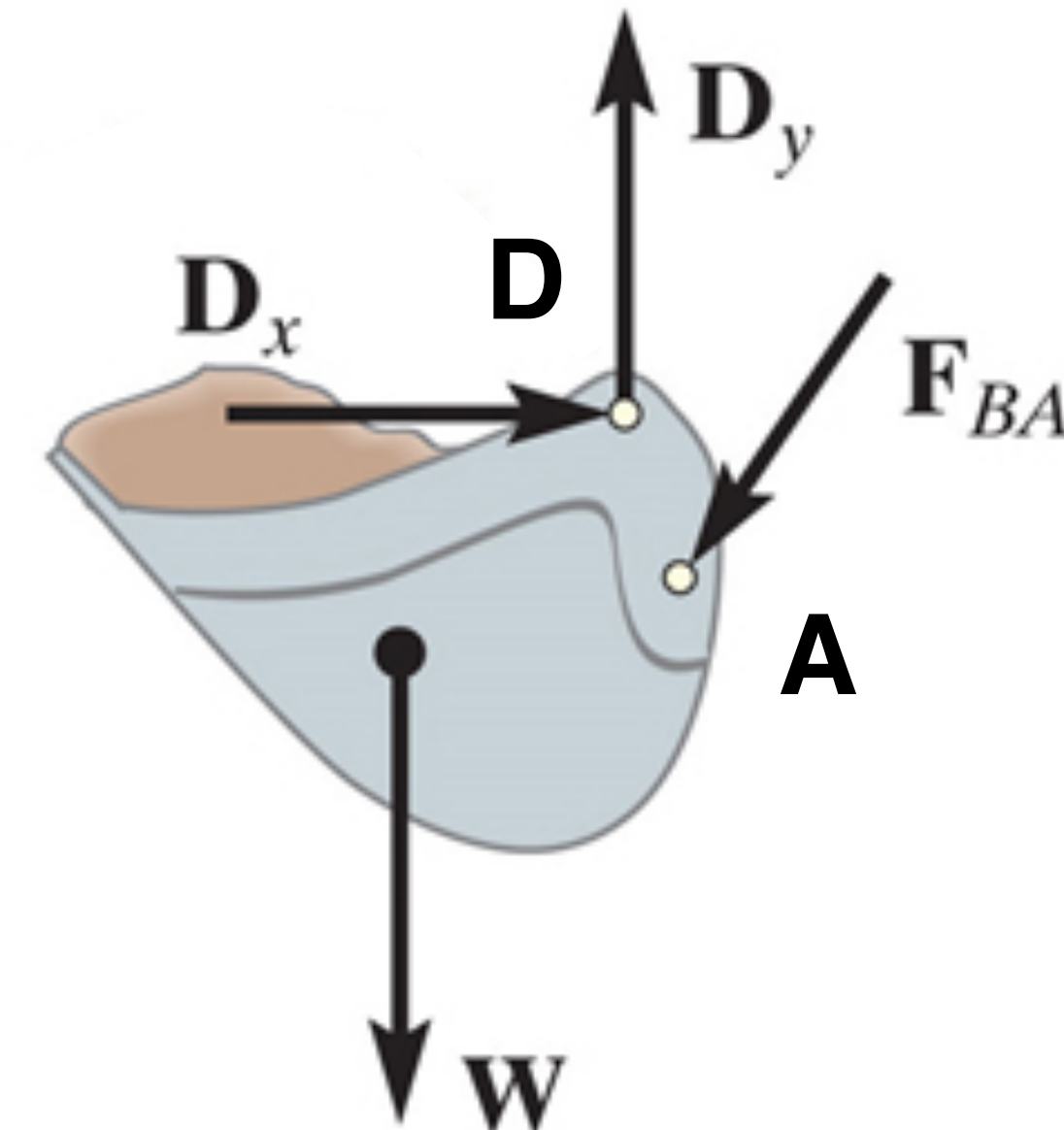
Diagramas de corpo livre para cada parte:

Para a lança vertical, tem-se:



$$\begin{aligned} \pm \sum F_x &= 0 \\ + \uparrow \sum F_y &= 0 \\ \curvearrowright + \sum M_? &= 0 \end{aligned}$$

Para a caçamba, tem-se:



Exemplo # 4

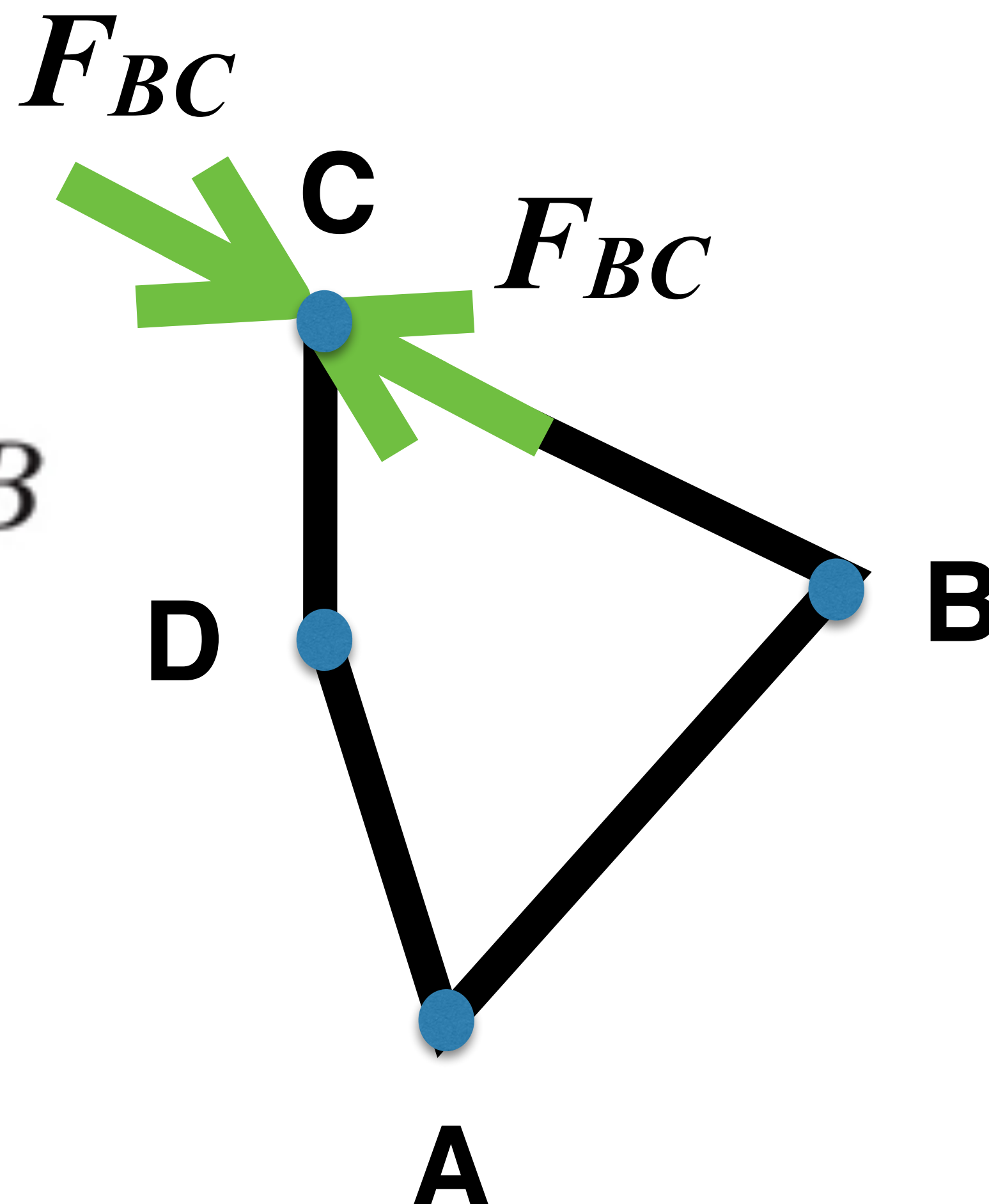
Recordação

Aplicação

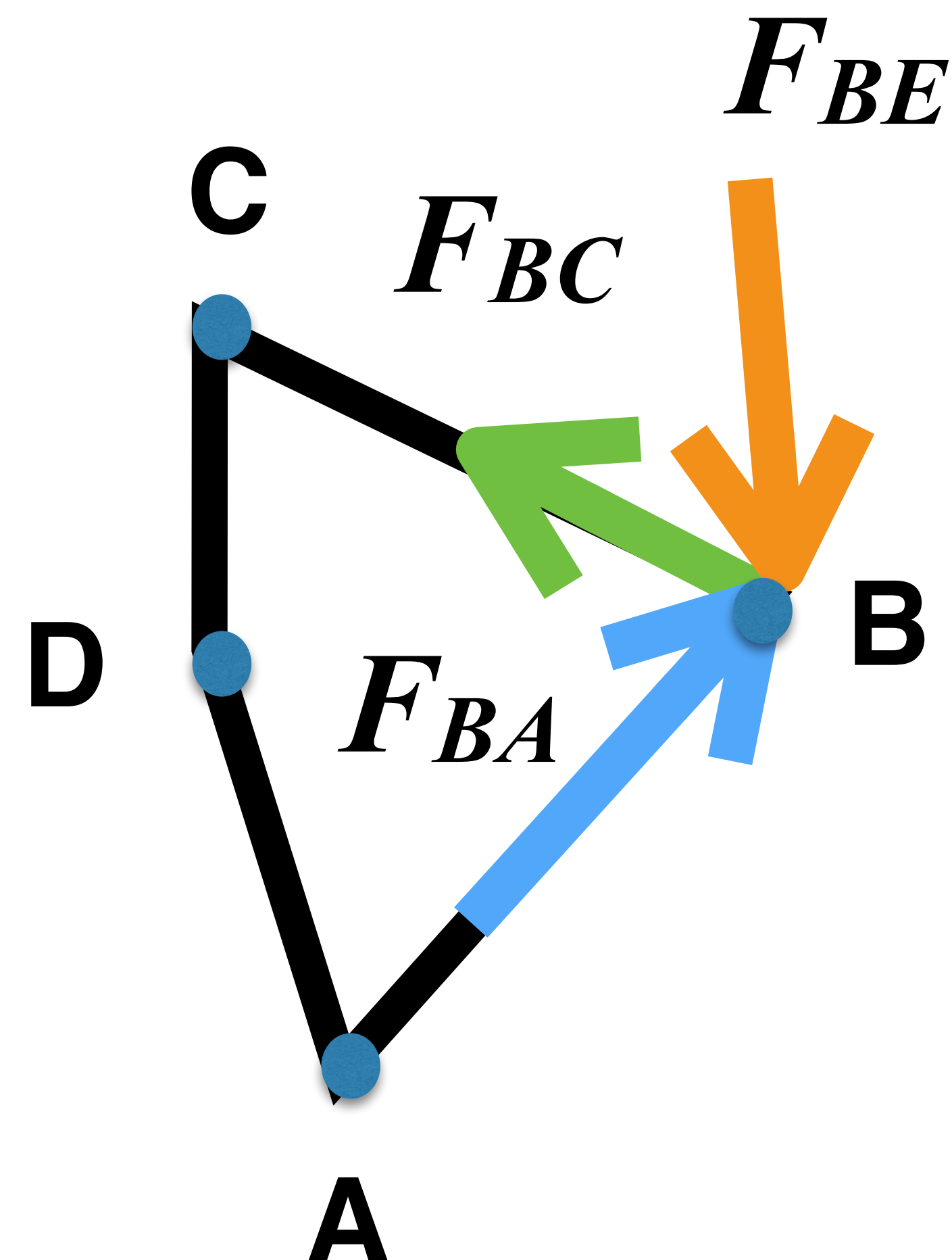
Conclusão



Para o pino C:



Para o pino B:



Exemplo # 5

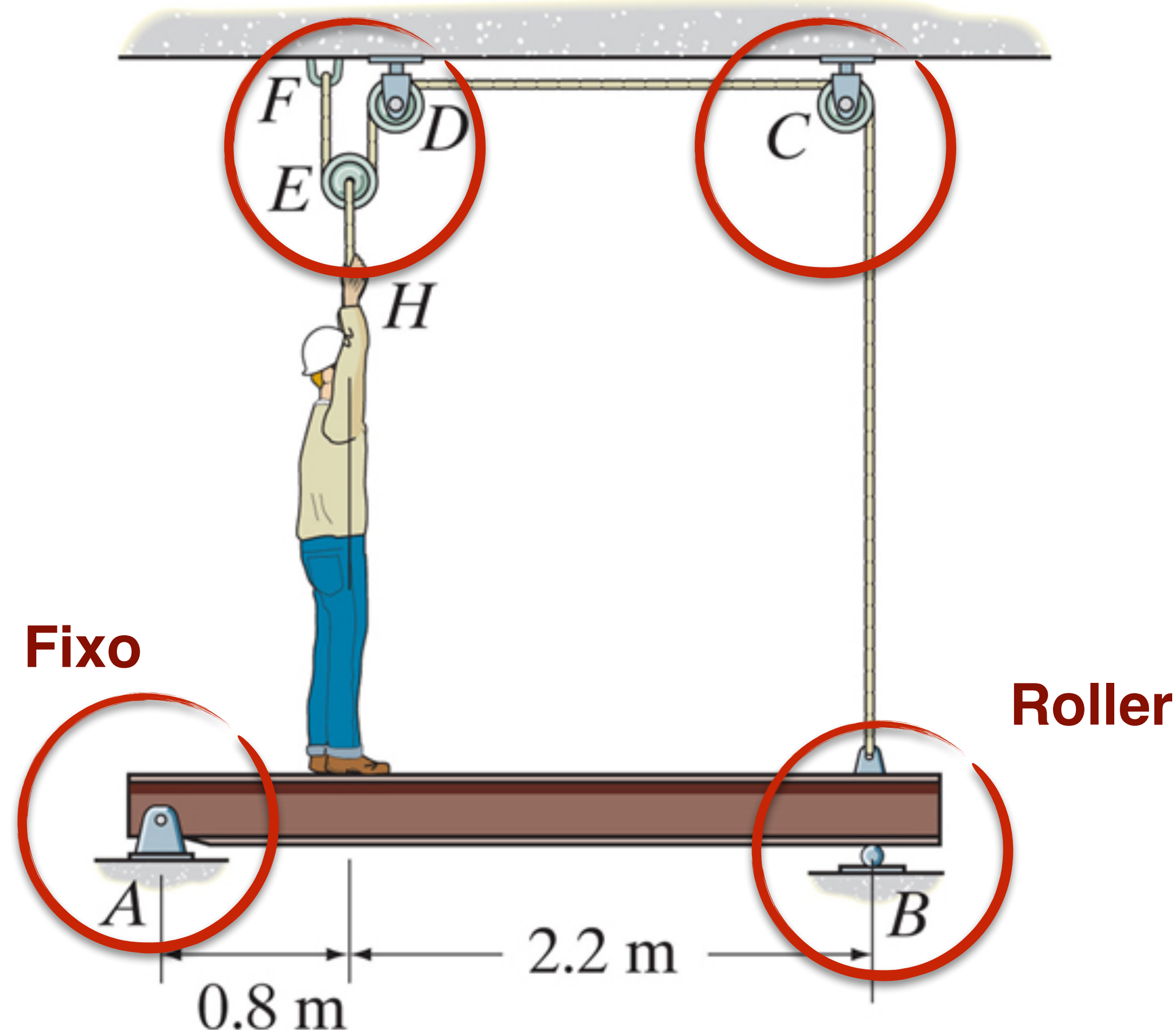
Recordação

Aplicação

Conclusão

Desenhe os diagramas de corpo livre do sistema representado abaixo.

Sistema de Polias



Dados:

Massa do operário: 75kg

Massa da viga: 40kg

Cabo inextensível

Massa das polias é desprezível

Reação vertical em B nula

➡ **DICA:** Consultar
Tabela de Vínculos
e Apoios!

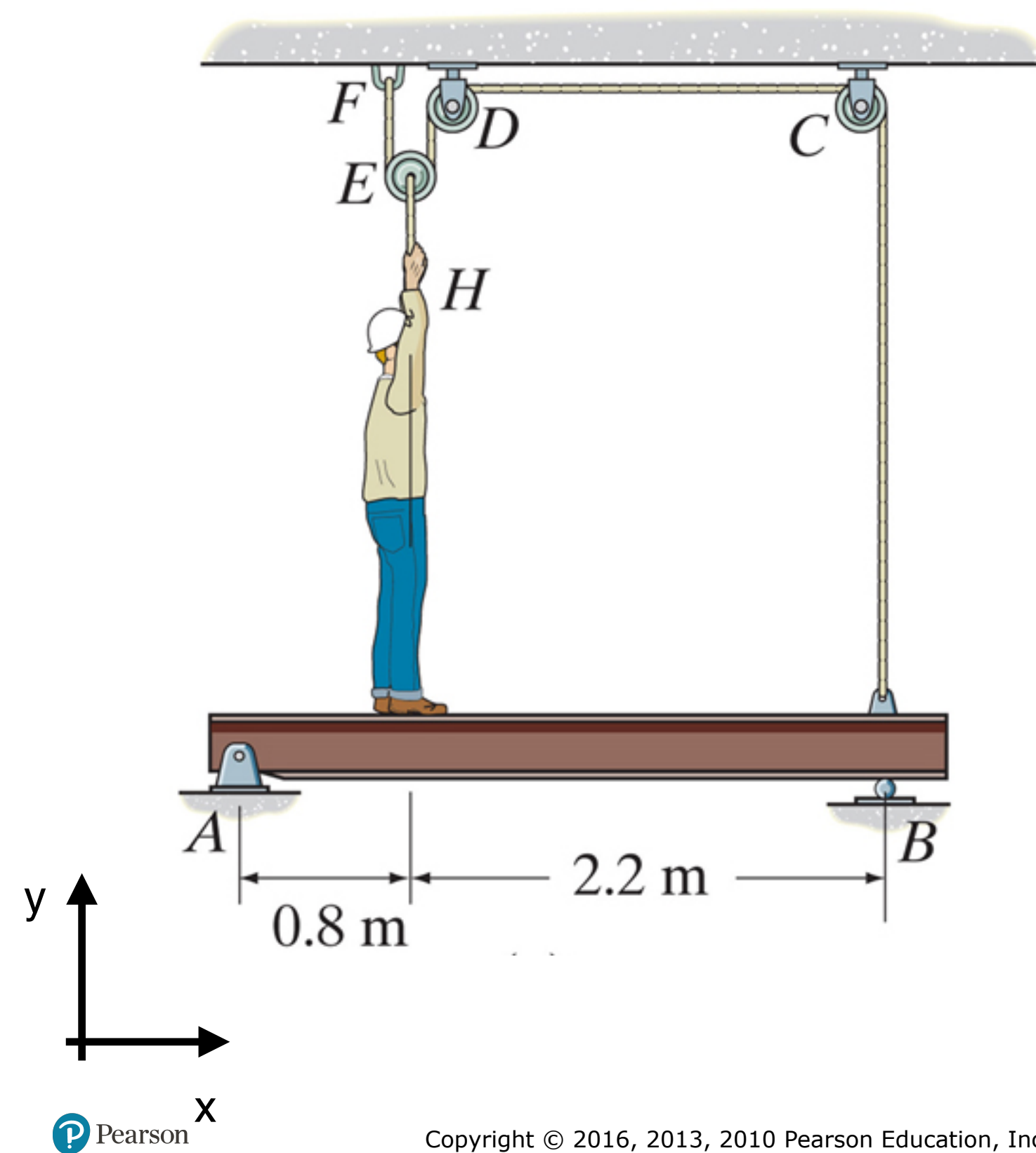
Exemplo # 5

Recordação

Aplicação

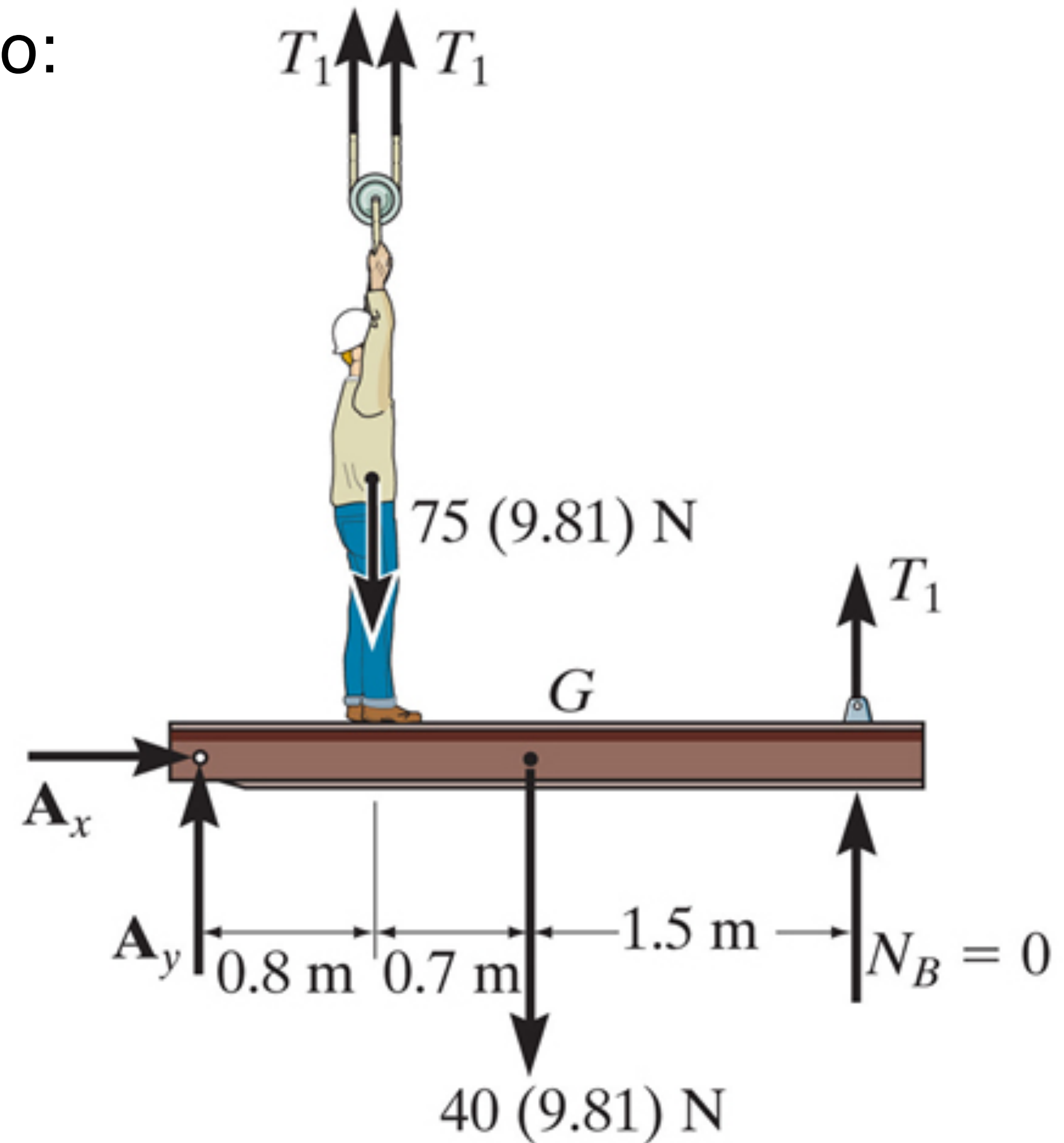
Conclusão

Diagrama de corpo livre do conjunto:



Pearson

Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved



Exemplo # 5

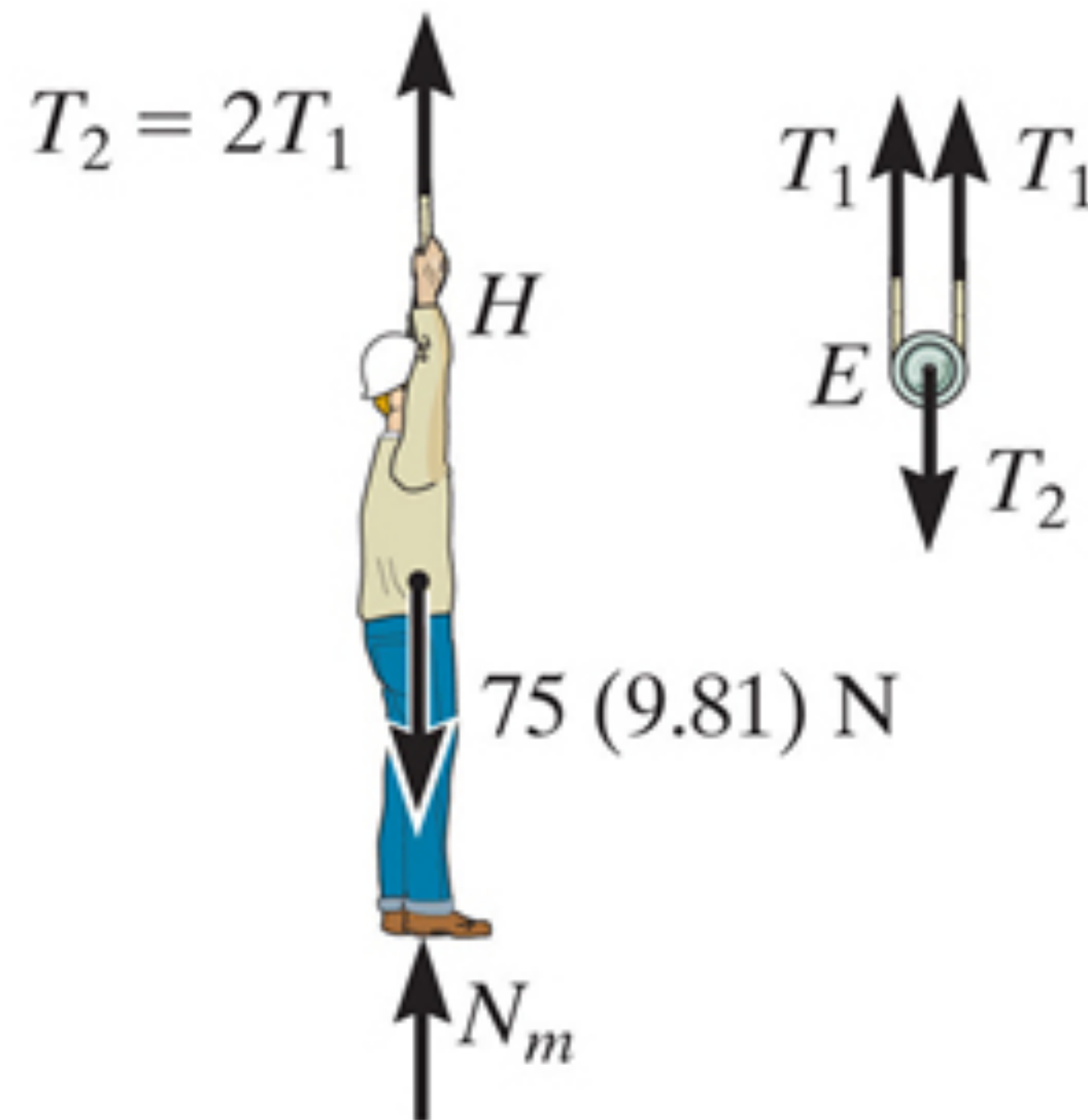
Recordação

Aplicação

Conclusão

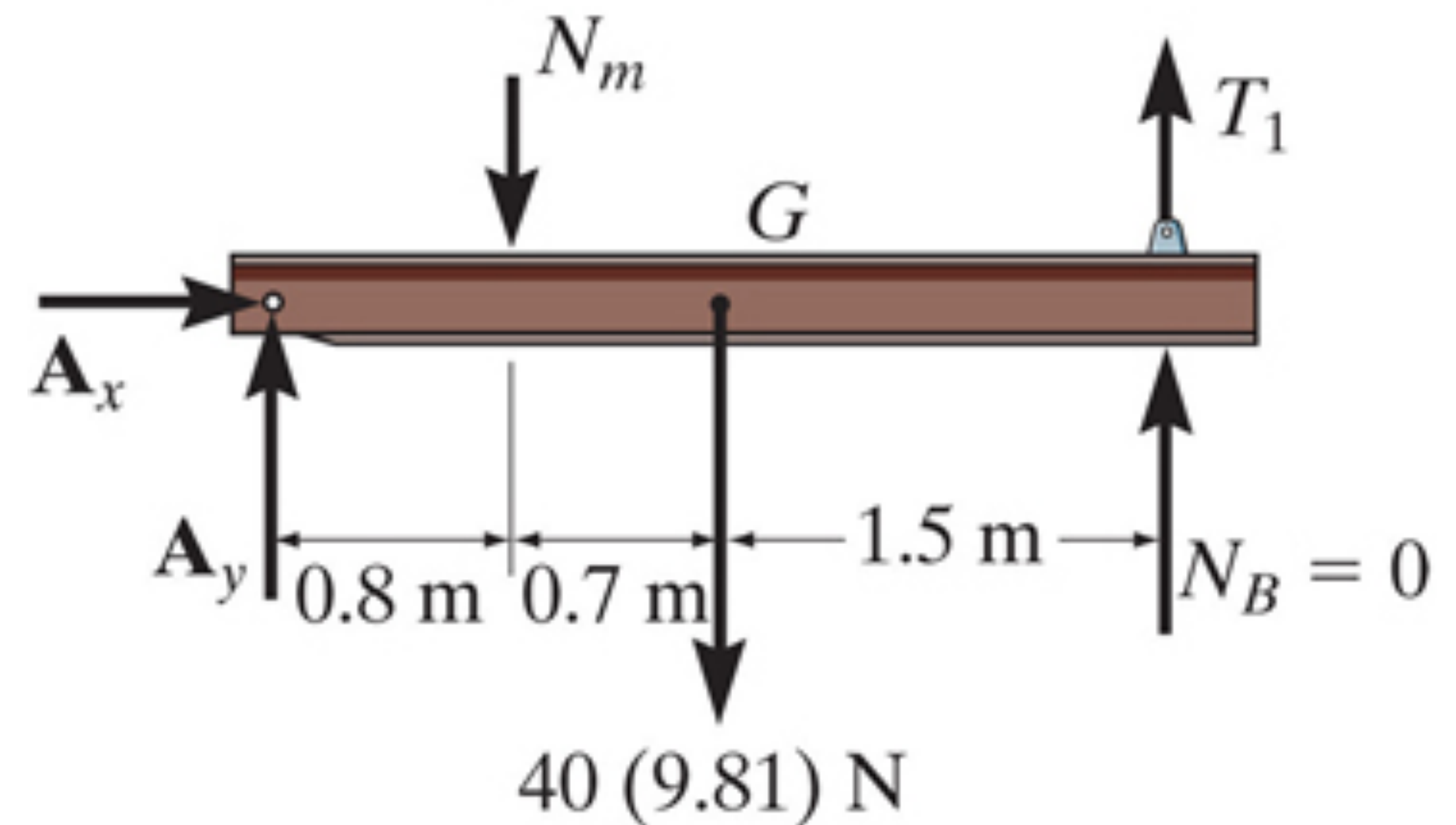
Diagramas de corpo livre para cada parte:

Para o operário e polia, tem-se:



$$\pm \sum F_x = 0 \quad + \uparrow \sum F_y = 0$$

Para a viga, tem-se:



$$\pm \sum F_x = 0 \quad + \uparrow \sum F_y = 0 \quad \curvearrowright \sum M_A = 0$$

Pearson

Copyright © 2016, 2013, 2010 Pearson Education, Inc. All Rights Reserved

Alguma dúvida?



Recordação

Aplicação



– “Take-home messages”

Conclusão

Conclusões

Recordação

- Próxima aula Teórica:

Atrito, Aplicações Em Equilíbrio Estático.

Aplicação

Conclusão