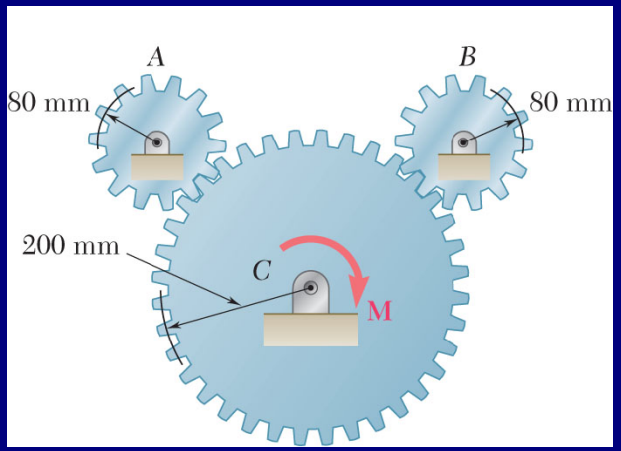
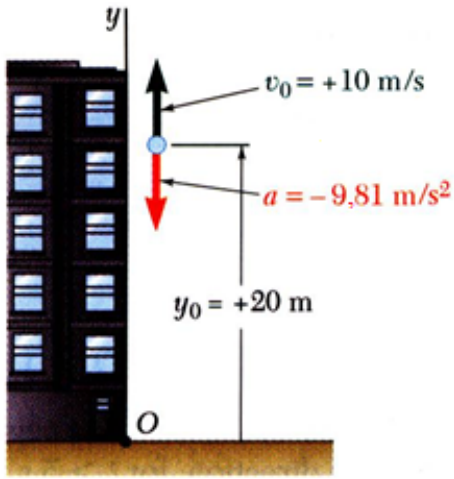


Exemplos

I – Cinemática da Partícula

Exemplo 1.1

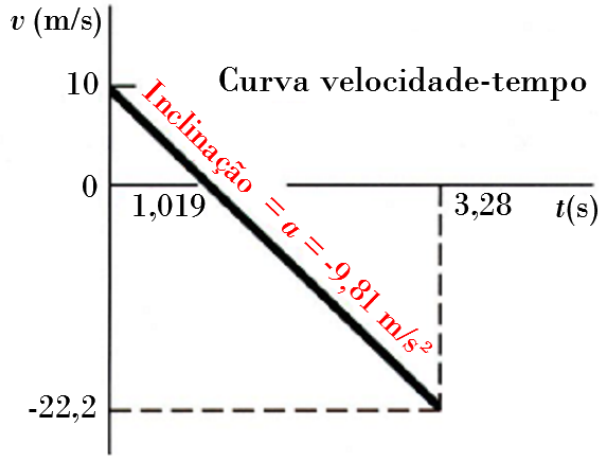


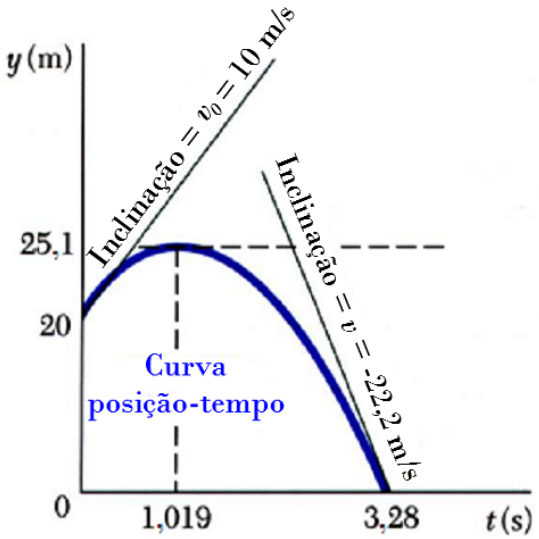
Uma bola é arremessada para cima de uma janela localizada a 20 m acima do solo, com velocidade vertical de 10 m/s .Determine:

- a velocidade e a elevação da bola acima do solo para qualquer instante *t*,
- a elevação máxima atingida pela bola e o correspondente valor de *t*, e
- o instante em que a bola atingirá o solo e a velocidade correspondente.

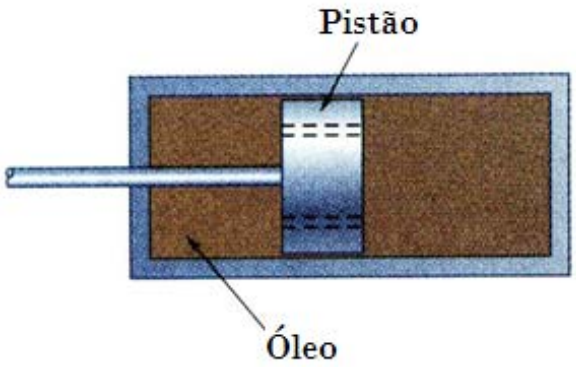
SOLUÇÃO:

- Integramos a aceleração duas vezes para encontrar $v(t)$ e $y(t)$.
- Determinamos o valor de *t* para o qual a velocidade se iguala a zero (instante em que a elevação é máxima) e calculamos a altitude correspondente.
- Determinamos o valor de *t* para o qual a elevação se iguala a zero (instante em que a bola atinge o solo) e calculamos a velocidade correspondente.


v (m/s)
10
0
-22,2
Curva velocidade-tempo
Inclinação = a = -9,81 m/s²
1,019
3,28
t(s)


y (m)
25,1
20
0
Inclinação = v₀ = 10 m/s
Inclinação = v = -22,2 m/s
Curva
posição-tempo
1,019
3,28
t(s)

Exemplo 1.2



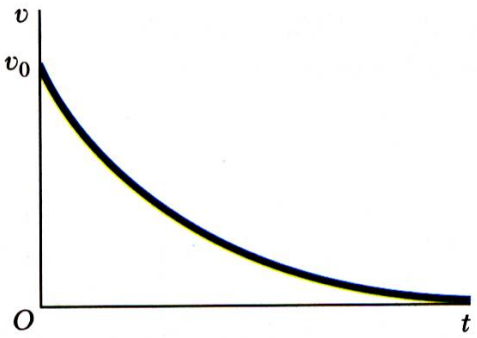
$a = -kv$

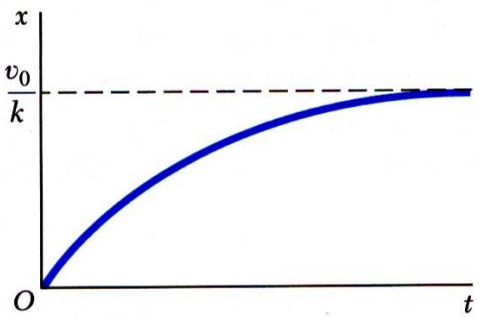
O mecanismo de freio usado para reduzir o recuo em certos tipos de arma consiste em um pistão preso ao cano e que se move em um cilindro fixo, cheio de óleo. Quando o cano recua com velocidade inicial v_0, o pistão se move e o óleo é forçado através de orifícios em seu interior, causando uma desaceleração do pistão e do cano a uma taxa proporcional à velocidade de ambos.

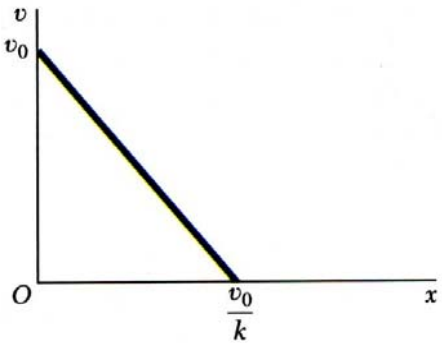
Determine $v(t)$, $x(t)$, e $v(x)$.

SOLUÇÃO:

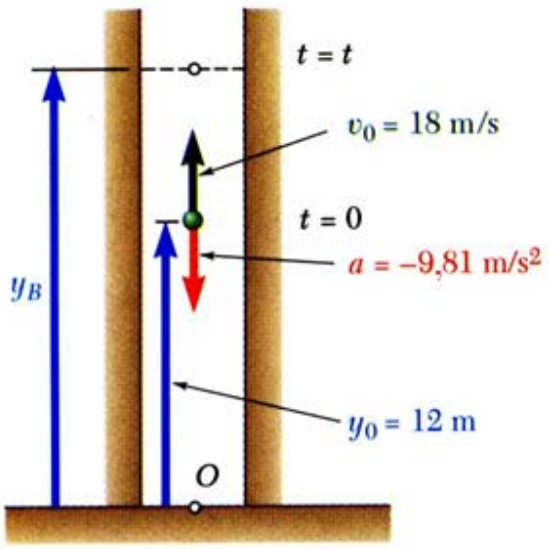
- Integramos $a = dv/dt = -kv$ para encontrar $v(t)$.
- Integramos $v(t) = dx/dt$ para encontrar $x(t)$.
- Integramos $a = v\, dv/dx = -kv$ para encontrar $v(x)$.


v
v_0
O
t


x
$\frac{v_0}{k}$
O
t


v
v_0
O
$\frac{v_0}{k}$
x

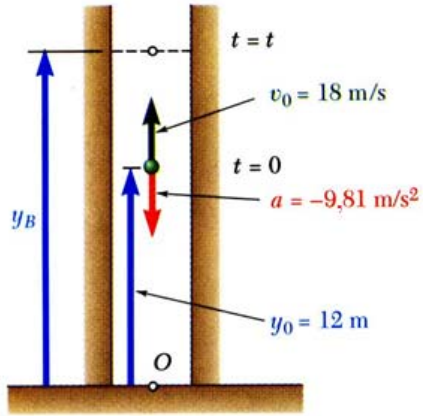
Exemplo 1.3

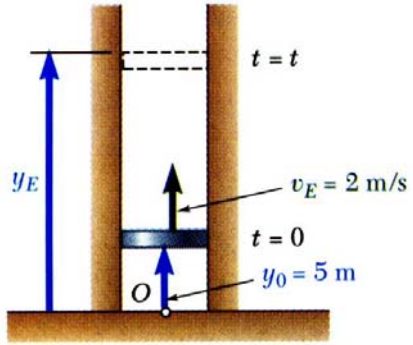


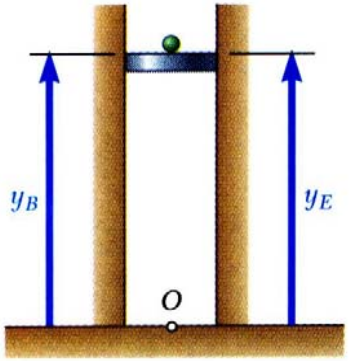
Uma bola é arremessada verticalmente de uma altura de 12 m de um poço de elevador com velocidade inicial de 18 m/s. No mesmo instante, um elevador de plataforma aberta passa pelo nível de 5 m, subindo com velocidade de 2 m/s. Determine *(a)* quando e onde a bola atinge o elevador e *(b)* a velocidade relativa da bola em relação ao elevator quando a bola o atinge.

SOLUÇÃO:

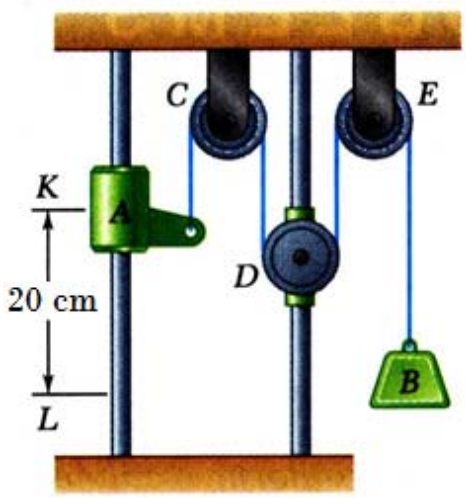
- Substituímos a posição e a velocidade iniciais e a aceleração constante nas equações gerais para o movimento retilíneo uniformemente acelerado.
- Substituímos a posição inicial e a velocidade do elevador na equação para o movimento retilíneo uniforme.
- Escrevemos equações para a posição relativa da bola em relação ao elevador e resolvemos para a posição relativa zero, ou seja, para a posição em que ambos se chocam.
- Susbstituímos o valor do instante de tempo do impacto nas equações para a posição do elevador e para velocidade relativa da bola em relação ao elevador.


t = t
v0 = 18 m/s
t = 0
a = –9,81 m/s²
yB
y0 = 12 m
O


t = t
yE
vE = 2 m/s
t = 0
y0 = 5 m
O


yB
yE
O

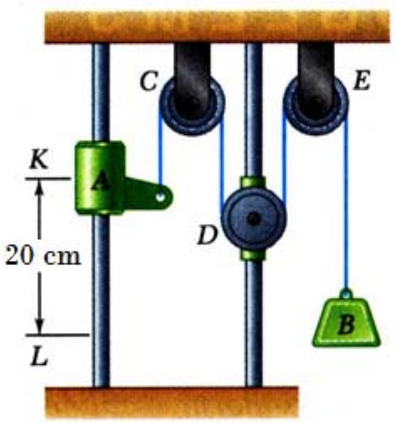
Exemplo 1.4

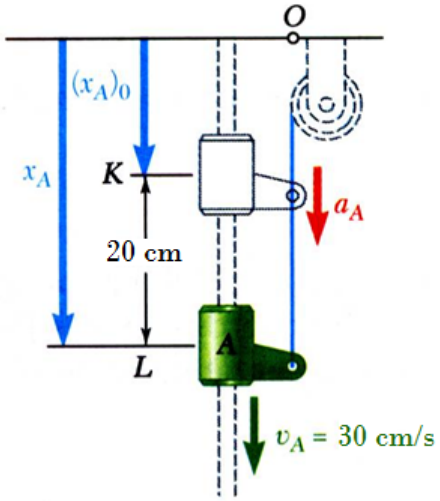


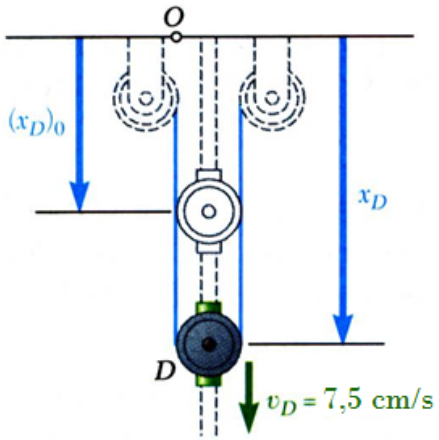
A polia *D* está presa a um cursor que que é puxado para baixo com velocidade de 7,5 cm/s. No instante $t = 0$, o cursor *A* começa a se mover para baixo a partir de *K* com aceleração constante e velocidade inicial nula. Sabendo que a velocidade do cursor *A* é de 30 cm/s ao passar pelo ponto *L*, determine a variação na elevação, a velocidade e a aceleração do bloco *B* quando o bloco *A* passar por *L*.

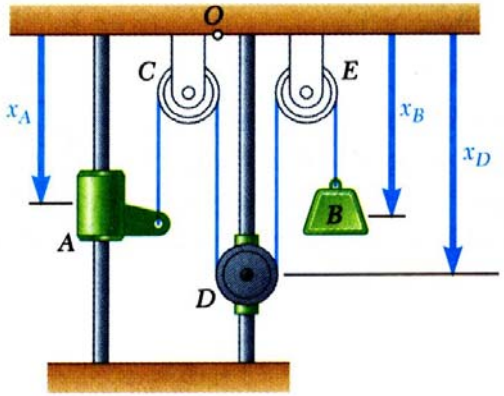
SOLUÇÃO:

- Colocamos a origem na superfície horizontal superior e escolhemos o sentido positivo para baixo.
- O cursor *A* tem movimento retilíneo uniformemente acelerado. Calculamos sua aceleração e o tempo *t* para que passe por *L*.
- A polia *D* tem movimento retilíneo uniforme. Calculamos a variação da posição no tempo *t*.
- O movimento do bloco *B* é dependente dos movimentos do cursor *A* e da polia *D*. Escremos relações entre os movimentos e as resolvemos para obter a variação na elevação do bloco *B*.
- Derivamos a relação de movimento duas vezes para obter equações para a velocidade e para a aceleração do bloco *B*.

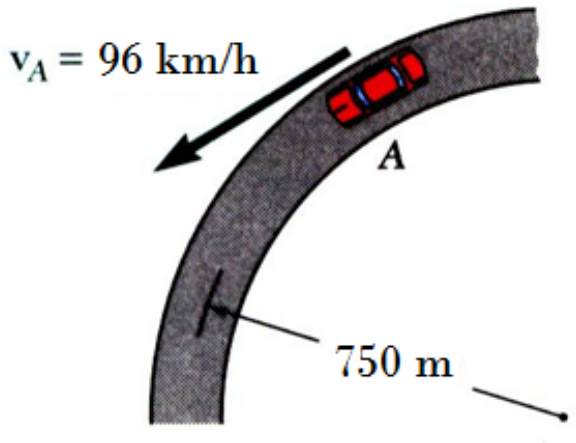

C
E
K
A
D
20 cm
B
L


O
$(x_A)_0$
x_A
K
a_A
20 cm
A
L
v_A = 30 cm/s


O
$(x_D)_0$
x_D
D
$v_D = 7{,}5$ cm/s


O
C
E
x_A
x_B
x_D
A
B
D

Exemplo 1.5

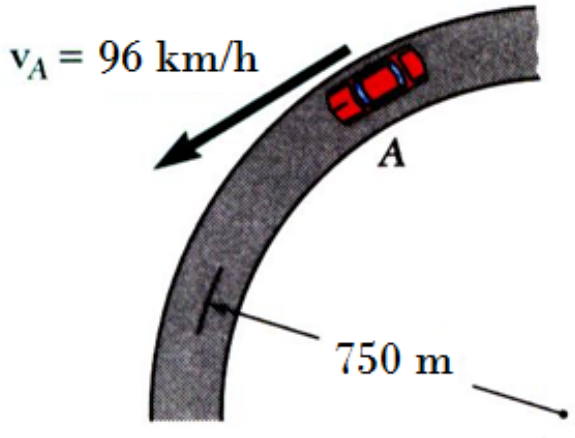


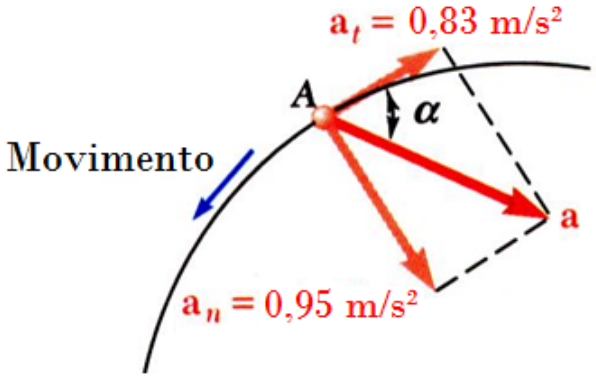
Um motorista está percorrendo uma seção curva de rodovia a 96 km/h. Ele, então, aciona os freios impondo ao carro uma taxa de desaceleração constante.

Sabendo que após 8 s a velocidade escalar for reduzida para 72 km/h, determine a aceleração do automóvel imediatamente após os freios terem sido acionados.

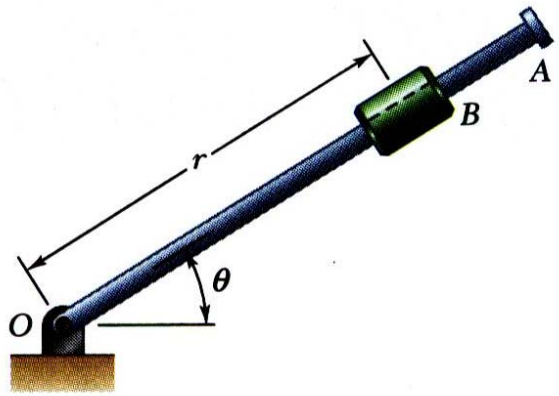
SOLUÇÃO:

- Calculamos os componentes tangencial e normal da aceleração.
- Determinamos a intensidade e a direção da aceleração.


v_A = 96 km/h
A
750 m


a_t = 0,83 m/s²
A
α
Movimento
a
a_n = 0,95 m/s²

Exemplo 1.6

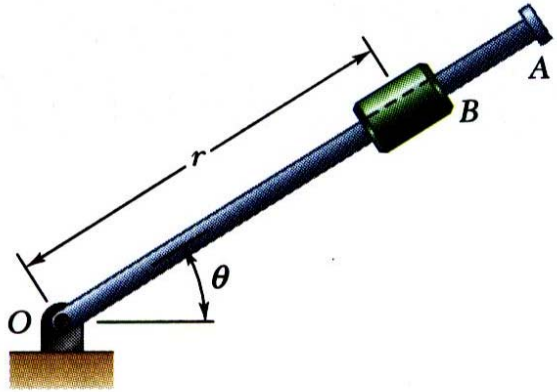


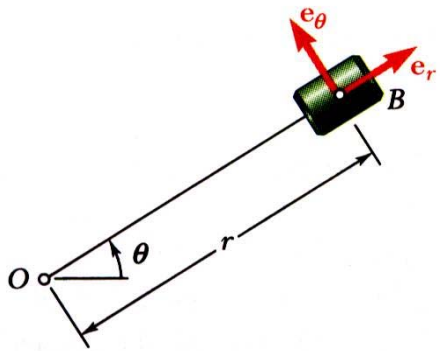
A rotação do braço *OA* em torno de *O* é definida pela relação $\theta = 0{,}15t^2$, onde θ está em radianos e *t* em segundos. O Cursor B desliza ao longo do braço de tal maneira que sua distância em relação a *O* é $r = 0{,}9 - 0{,}12t^2$, onde *r* é expresso em metros.

Após o braço ter girado 30º, determine *(a)* a velocidade total do cursor, *(b)* a aceleração total do cursor e *(c)* a aceleração relativa do cursor em relação ao braço.

SOLUÇÃO:

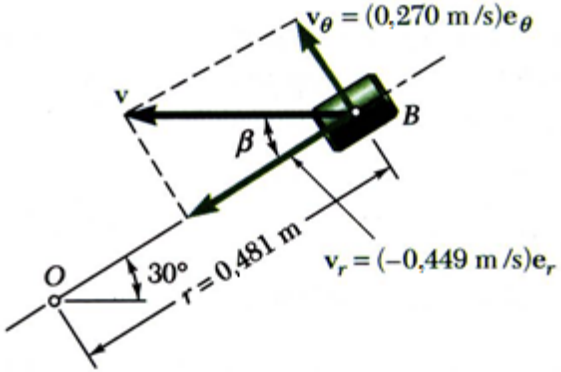
- Determinamos o tempo *t* para o qual $\theta = 30^o$.
- Determinamos os valores de *r* e θ, e de suas primeiras e segundas derivadas no instante *t*.
- Calculamos a velocidade e a aceleração em coordenadas cilíndricas.
- Determinamos a aceleração do cursor em relação ao braço.

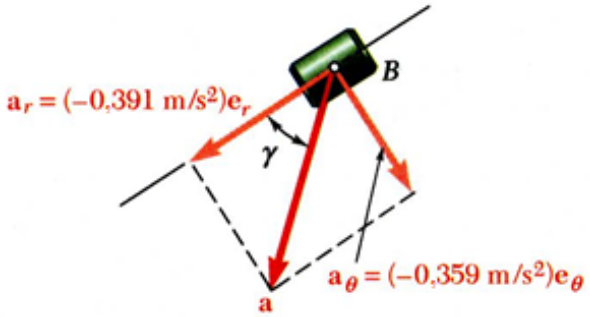


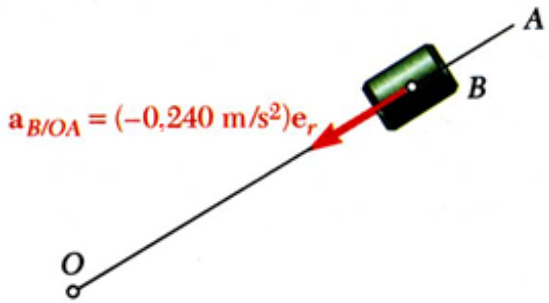


$$\mathbf{v} = v_r \mathbf{e}_r + v_\theta \mathbf{e}_\theta$$

$$\mathbf{a} = a_r \mathbf{e}_r + a_\theta \mathbf{e}_\theta$$

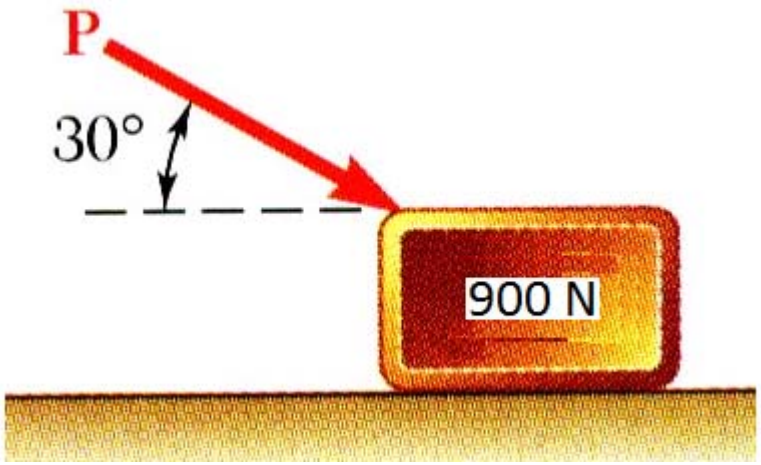

$v_\theta = (0{,}270\ \text{m/s})e_\theta$
v
B
β
O
30°
r = 0,481 m
$v_r = (-0{,}449\ \text{m/s})e_r$


B
$a_r = (-0{,}391\ \text{m/s}^2)e_r$
γ
$a_\theta = (-0{,}359\ \text{m/s}^2)e_\theta$
a


A
B
$a_{B/OA} = (-0{,}240\ \text{m/s}^2)e_r$
O

II – Cinética da Partícula

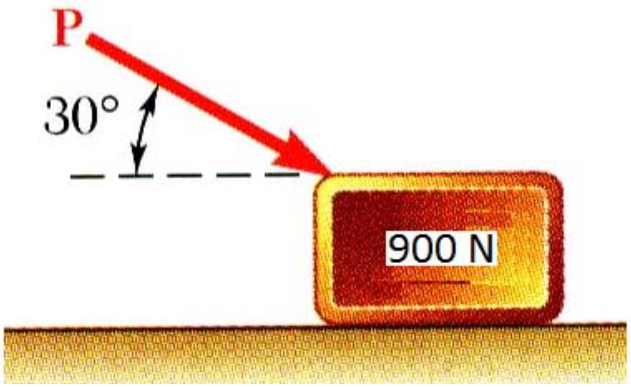
Exemplo 2.1

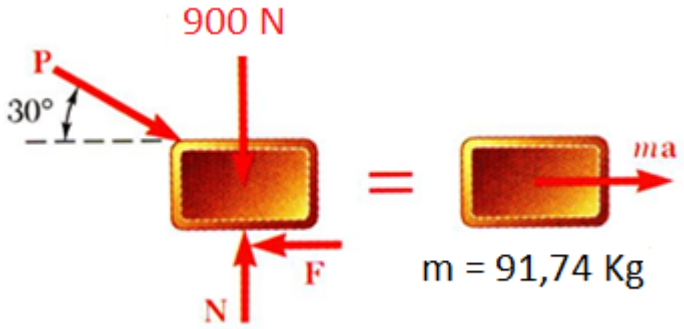


Um bloco de 900 N repousa sobre um plano horizontal. Encontre o módulo da força P necessária para dar ao bloco uma aceleração de 3 m/s² para a direita. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o plano é μ = 0,25.

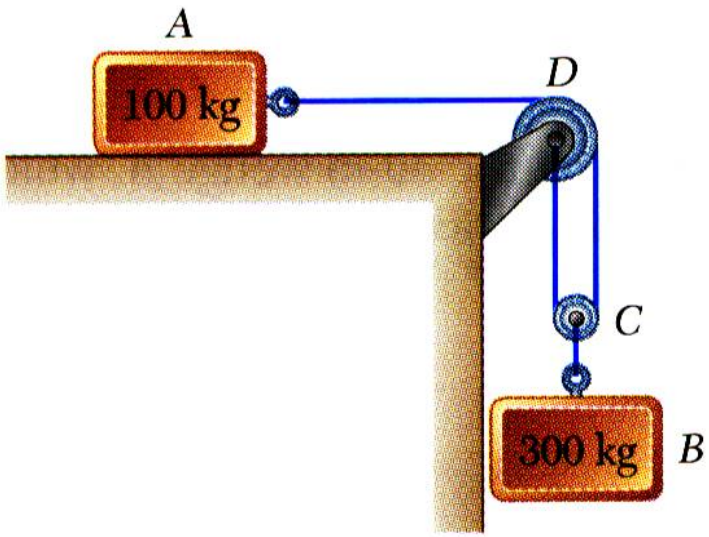
SOLUÇÃO:

- Deve-se separar a equação de movimento do bloco em duas equações componentes ortogonais.
- As incógnitas consistem da força aplicada P e a reação normal do plano N. As duas equações podem ser resolvidas para essas incógnitas.


P
30°
900 N


900 N
P
30°
F
N
=
ma
m = 91,74 Kg

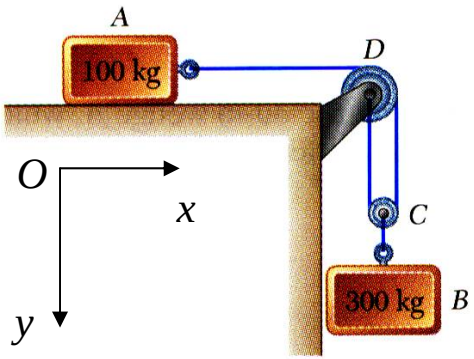
Exemplo 2.3

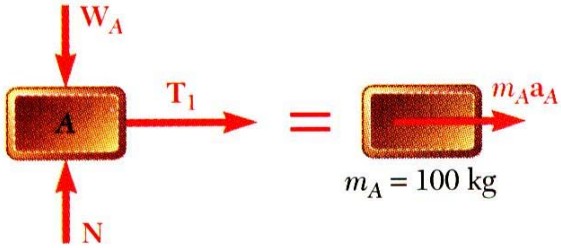


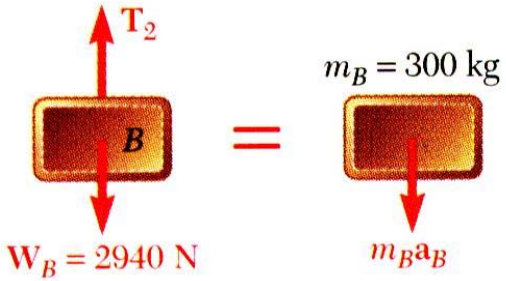
Os dois blocos mostrados partem do repouso. Não há atrito entre o plano horizontal e a polia e presume-se que a polia tenha massa desprezível. Determine a aceleração de cada bloco e a tensão em cada corda.

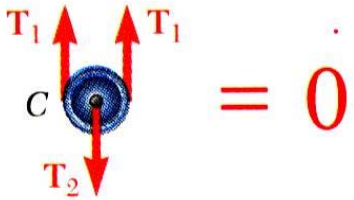
SOLUÇÃO:

- Escreva as relações cinemáticas para os movimentos dependentes e acelerações dos blocos
- Escreva as equações de movimento para os blocos e a polia.
- Combine as relações cinemáticas com as equações de movimento para encontrar as acelerações de cada bloco e a tensão em cada corda.

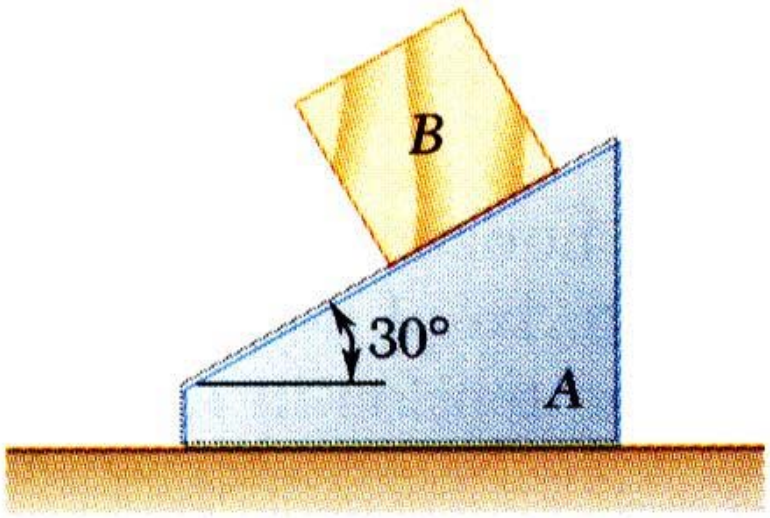

A
100 kg
D
O
x
C
y
300 kg
B


W_A
A
T_1
=
m_A a_A
m_A = 100 kg
N


T_2
B
=
m_B = 300 kg
W_B = 2940 N
m_B a_B


T_1
T_1
C
= 0
T_2

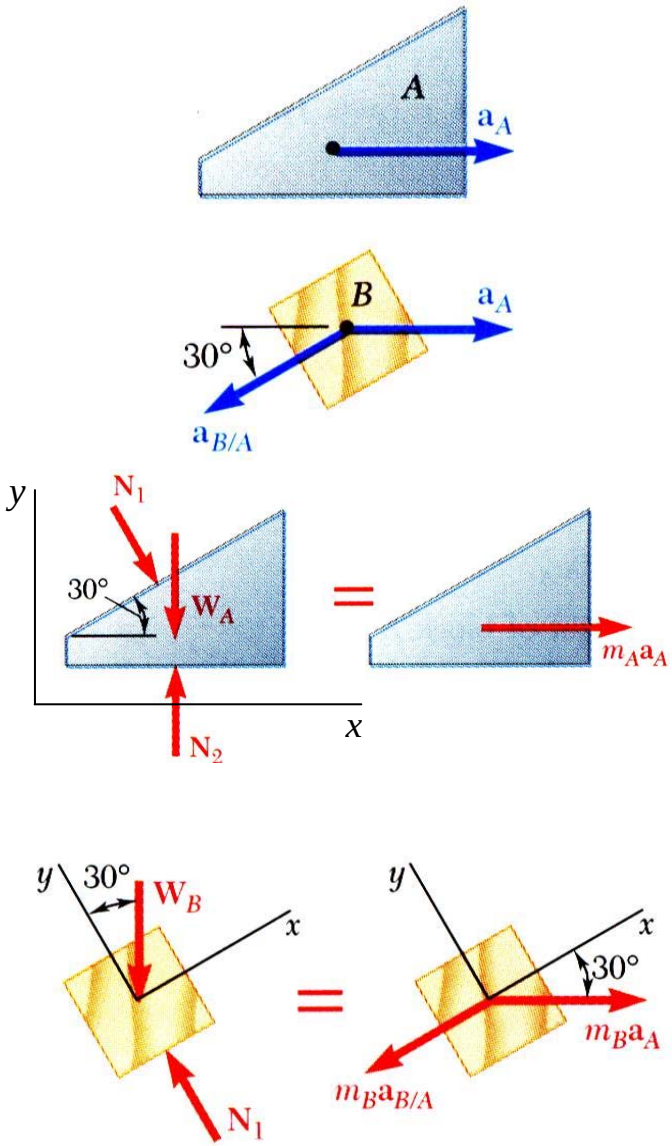
Exemplo 2.4



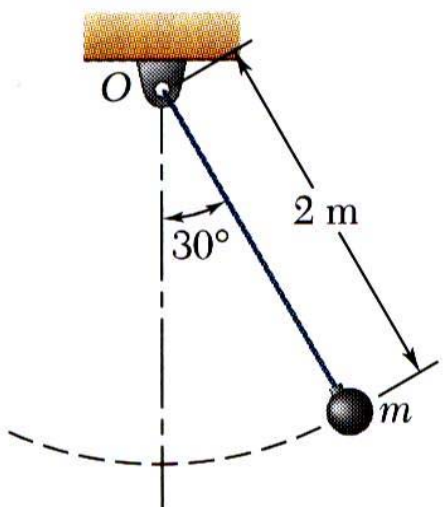
O bloco 54 N parte do repouso e desliza sobre a cunha A de massa 135 N, que é apoiada por uma superfície horizontal. Desprezando o atrito, determine (a) a aceleração da cunha, e (b) a aceleração do bloco em relação à cunha.

SOLUÇÃO:

- O bloco é restrito a escorregar da cunha. Portanto, o movimento do bloco e o da cunha são dependentes entre si. Deve-se expressar a aceleração do bloco como a aceleração da cunha mais a aceleração do bloco em relação à cunha.
- Escrever as equações de movimento para o cunha e bloco.
- Encontrar as acelerações.


A
$\mathbf{a}_A$
B
$\mathbf{a}_A$
30°
$\mathbf{a}_{B/A}$
y
$\mathbf{N}_1$
30°
$\mathbf{W}_A$
=
$m_A\mathbf{a}_A$
x
$\mathbf{N}_2$
y
30°
$\mathbf{W}_B$
x
=
y
x
30°
$m_B\mathbf{a}_A$
$m_B\mathbf{a}_{B/A}$
$\mathbf{N}_1$

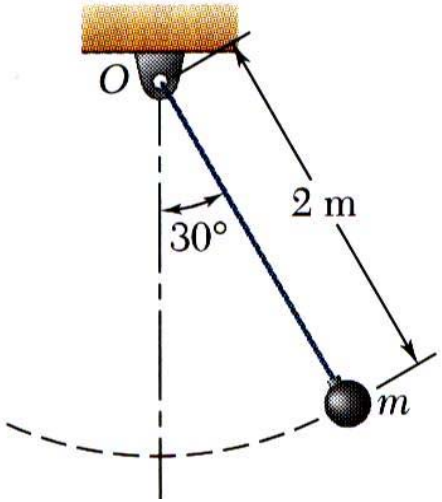
Exemplo 2.5

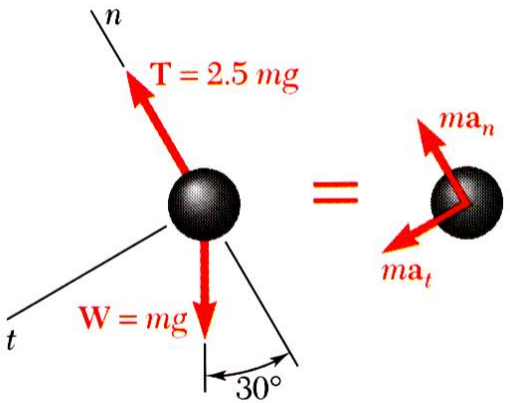


O pêndulo de 2 m descreve um arco de um círculo em um plano vertical. Se a tensão no cabo é de 2,5 vezes o peso do pêndulo para a posição mostrada, encontrar a velocidade e a aceleração do pêndulo nessa posição.

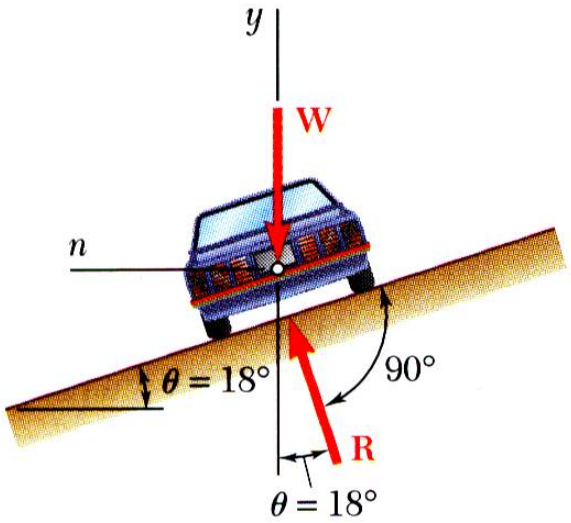
SOLUÇÃO:

- Resolver a equação de movimento para o pêndulo em componentes transversal e normal.
- Resolver as equações de componentes para as acelerações normal e transversal.
- Resolva para a velocidade em termos de aceleração normal.


O
2 m
30°
m


n
T = 2.5 mg
W = mg
t
30°
=
ma_n
ma_t

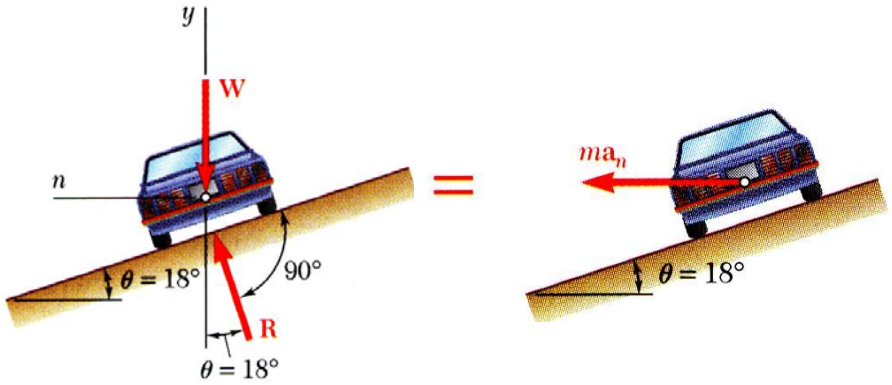
Exemplo 2.6



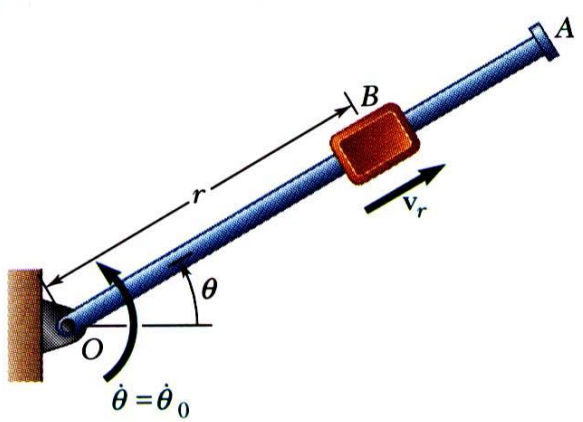
Determinar a velocidade de segurança de uma curva inclinada de estrada de raio r = 120 m com inclinação lateral cujo angulo é q= 18 graus. A velocidade de segurança de uma curva de estrada com inclinação lateral é a velocidade com que um carro pode trafegar sem que nenhuma força de atrito lateral seja exercida em suas rodas.

SOLUÇÃO:

- O carro percorre em um caminho horizontal circular com uma componente normal da aceleração dirigida para o centro da trajetória. As forças agindo sobre o carro são seu peso e uma reação normal da superfície da estrada.
- Decomponha a equação de movimento do carro nas componentes normal e vertical.
- Resolva para a velocidade do veículo.


y
W
n
θ = 18°
90°
R
θ = 18°
=
ma_n
θ = 18°

Exemplo 2.7



Um bloco B de massa m pode deslizar livremente sobre um braço OA sem atrito, que gira em um plano horizontal a uma taxa constante $\dot{\theta}_0$.

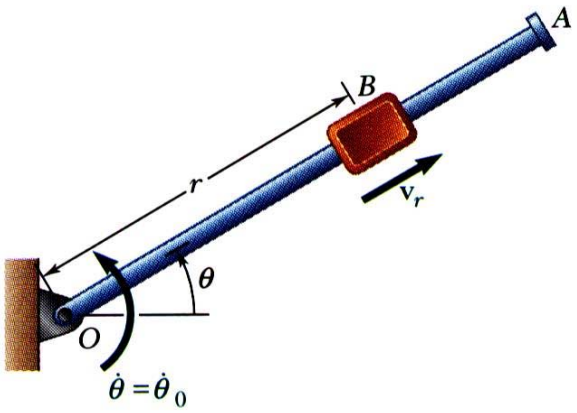
Sabendo que B é lançado a uma distância r_0 de *O*, expressar como função de *r:*

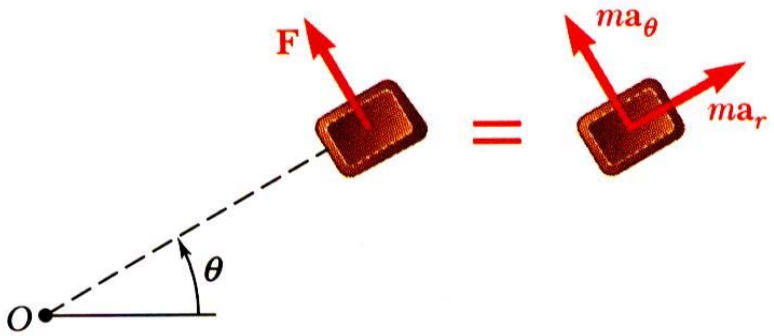
a) a componente v_r da velocidade de B ao longo OA e,

b) o módulo da força horizontal exercida sobre B pelo braço OA.

SOLUÇÃO:

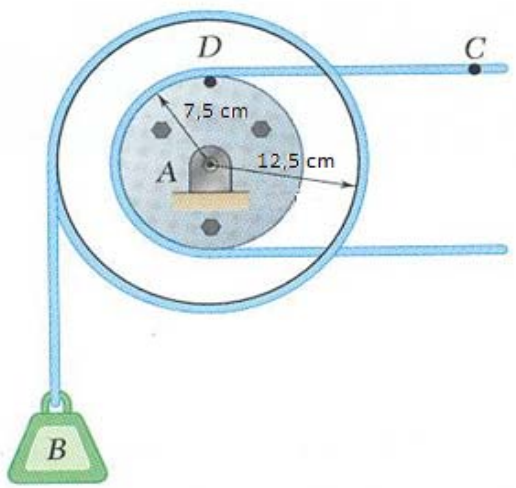
- Escreva as equações radial e transversal de movimento para o bloco.
- Integre a equação radial para encontrar uma expressão para a velocidade radial.
- Substitua as informações conhecidas na equação transversal para encontrar uma expressão para a força sobre o bloco.


A
B
r
v_r
θ
O
$\dot{\theta} = \dot{\theta}_0$


F
=
ma_θ
ma_r
θ
O

V – Cinemática Plana do Corpo

Exemplo 5.1

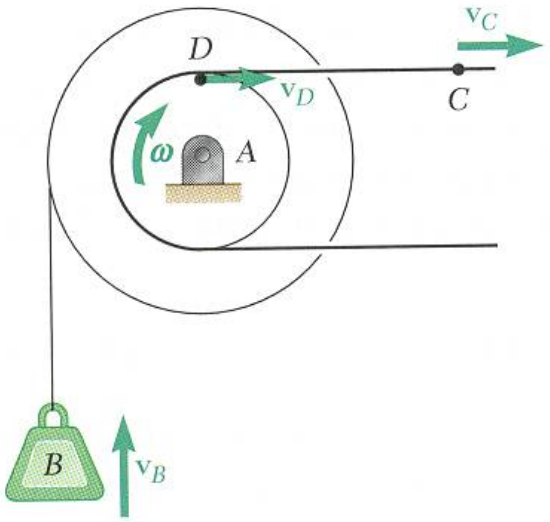


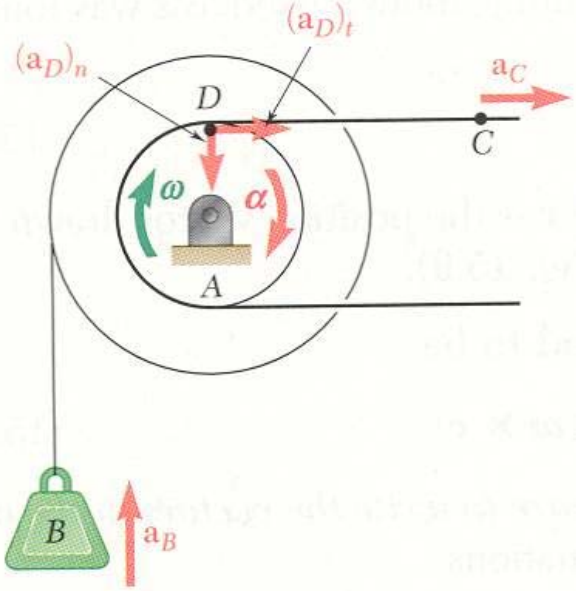
O cabo C tem uma aceleração constante de 22,5 cm/s² e uma velocidade inicial de 30 cm/s, ambos direcionados para a direita.

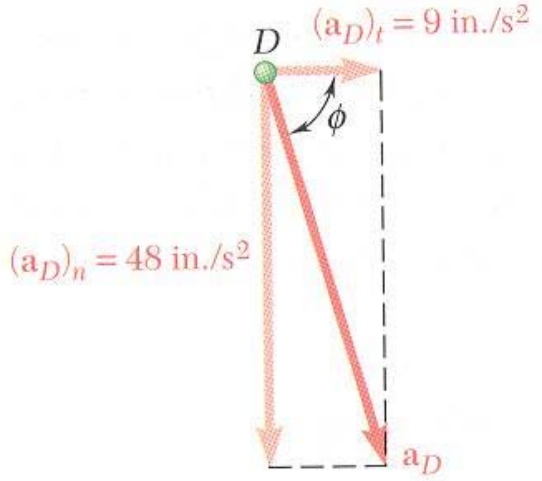
Determine (a) o número de voltas da polia em 2s, (b) a velocidade e a mudança de posição da carga B depois de 2s, e (c) a aceleração do ponto D na borda da polia interna em t = 0.

SOLUÇÃO:

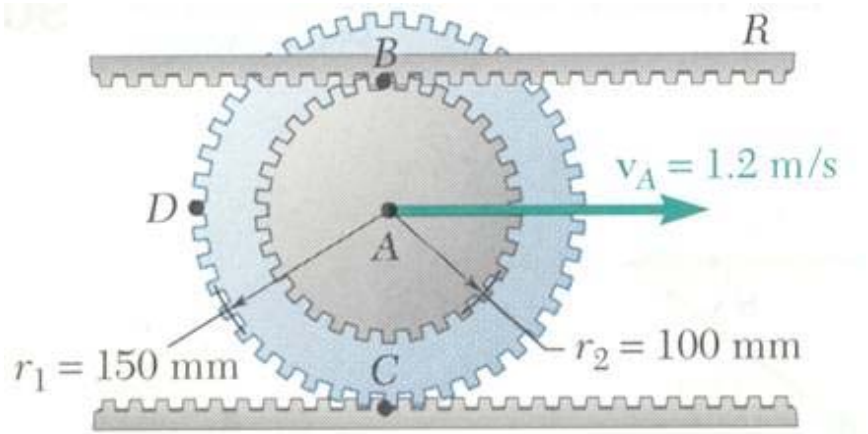
- Devido à ação do cabo, a velocidade tangencial e aceleração de D são iguais à velocidade e aceleração de C. Calcule a velocidade angular inicial e aceleração.
- Aplique as relações de rotação uniformemente acelerada para determinar a velocidade e a posição angular da polia depois de 2s.
- Avalie a componente normal e a tangencial da aceleração de D.


D
v_C
v_D
C
ω
A
B
v_B


$(a_D)_t$
$(a_D)_n$
a_C
D
C
ω
α
A
B
a_B


D
$(a_D)_t = 9$ in./s^2
ϕ
$(a_D)_n = 48$ in./s^2
a_D

Exemplo 5.2



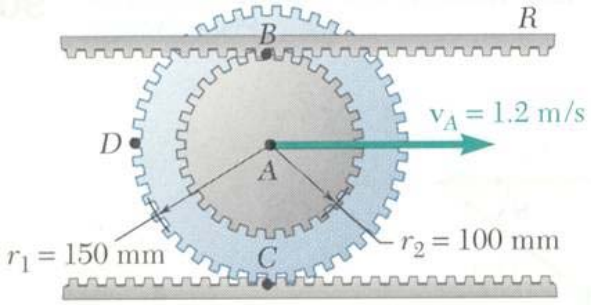
A engrenagem dupla rola na cremalheira estacionária mais baixa: a velocidade do seu centro é de 1,2 m/s. Determine *(a)* a velocidade angular da engrenagem, e *(b)* as velocidades da da cremalheira superior *R* e do ponto *D* da engrenagem.

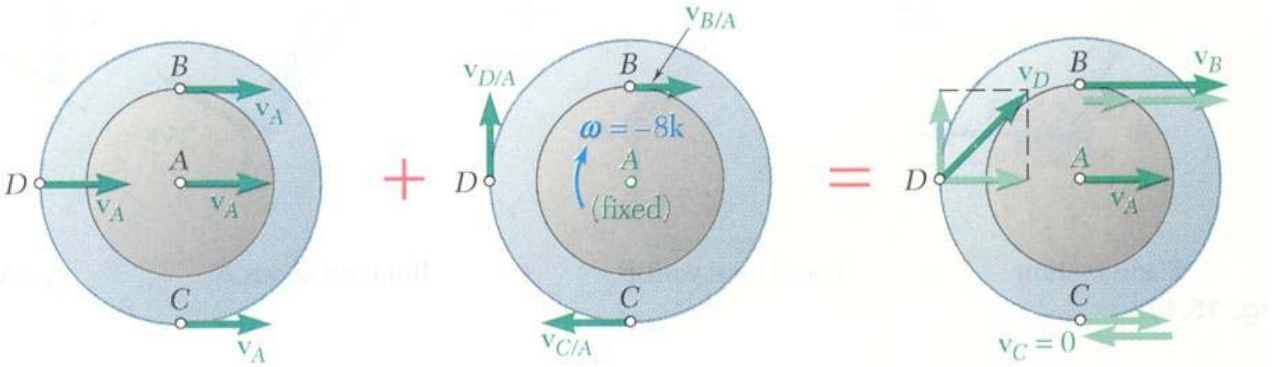
SOLUÇÃO:

- O deslocamento do centro da engrenagem em uma revolução é igual à circunferência exterior. Relacione os deslocamentos de translação e angular. Diferencie para relacionar as velocidades de translação e angular.
- A velocidade de qualquer ponto *P* na engrenagem pode ser escrita como

$$\vec{v}_P = \vec{v}_A + \vec{v}_{P/A} = \vec{v}_A + \omega\vec{k} \times \vec{r}_{P/A}$$

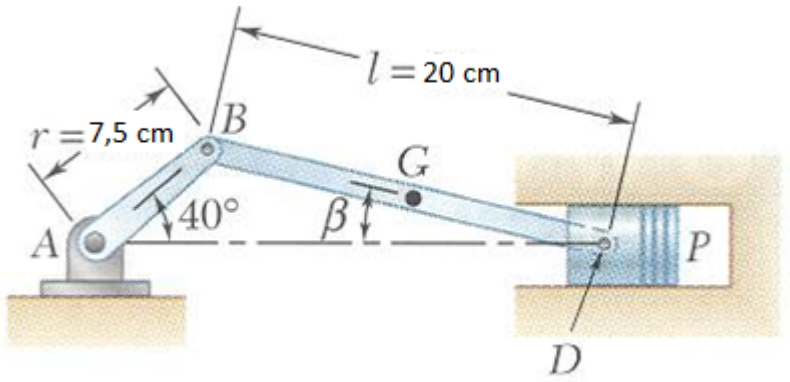
Avalie as velocidades dos pontos *B* e *D*.





Translation + Rotation = Rolling Motion

Exemplo 5.3



A manivela AB tem uma velocidade angular constante no sentido horário de 2000 rpm.

Para a posição indicada da manivela, determine (a) a velocidade angular da biela BD, e (b) a velocidade do pistão P.

SOLUÇÃO:

- Determine a velocidade absoluta do ponto D com

$$\vec{v}_D = \vec{v}_B + \vec{v}_{D/B}$$

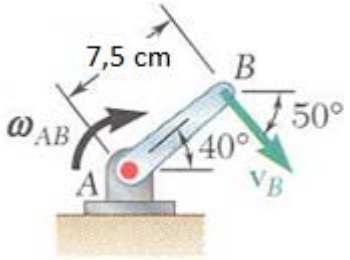
- A velocidade $\vec{v}_B$ é obtida a partir das informações dadas de rotação da manivela.

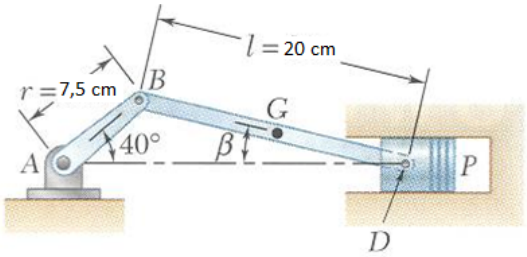
- As direções da velocidade absoluta $\vec{v}_D$ e da velocidade relativa $\vec{v}_{D/B}$ são determinadas a partir da geometria problema.

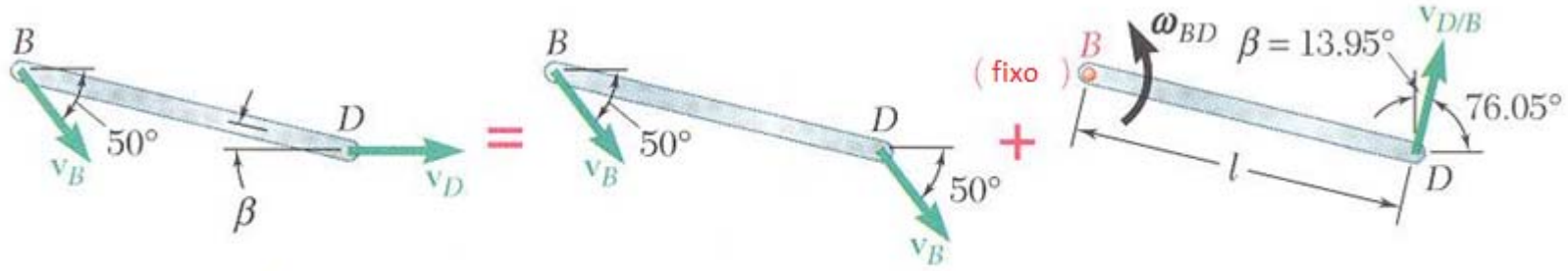
- As incógnitas na expressão do vetor são as módulos de velocidade v_D e $v_{D/B}$ as quais podem ser determinadas a partir do triângulo vetorial correspondente.

- A velocidade angular da biela é calculada a partir de

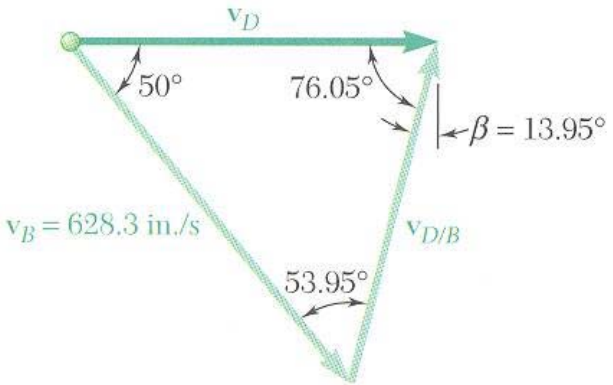
$$v_{D/B}.$$



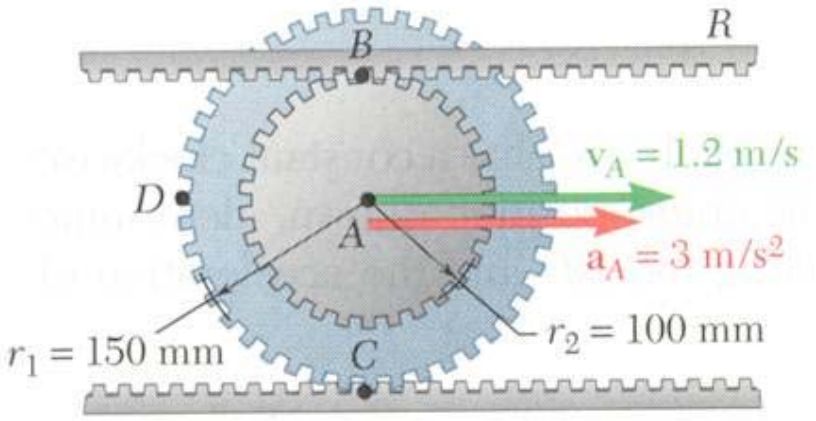




Movimento plano = Transção + Rotação



Exemplo 5.4



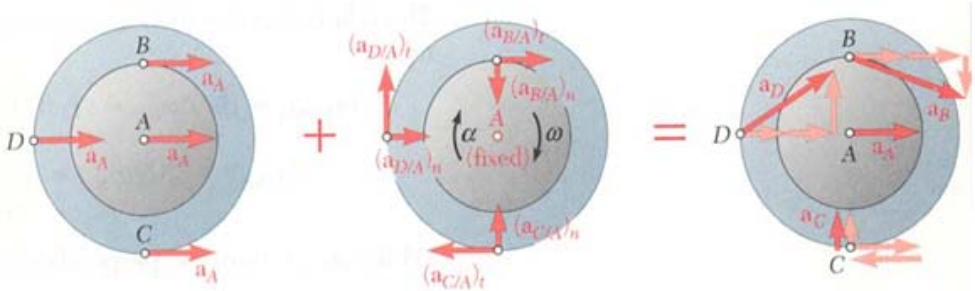
O centro da engrenagem dupla tem uma velocidade e uma aceleração para a direita de 1,2 m/s e 3 m/s² , respectivamente. A cremalheira inferior é estacionária.

Determine (a) a aceleração angular da engrenagem, e (b) a aceleração dos pontos B, C e D.

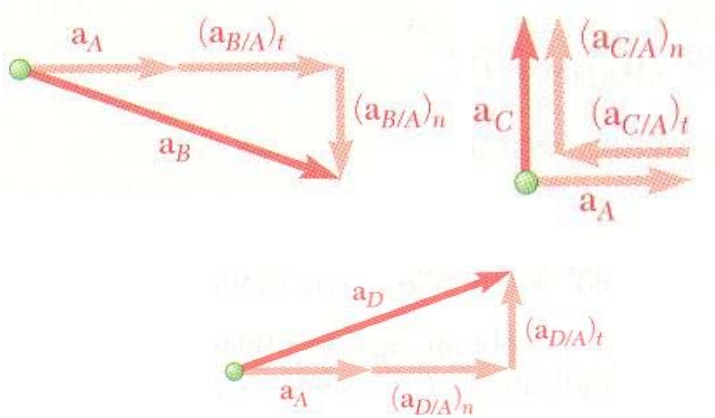
SOLUÇÃO:

- A expressão da posição da marcha em função de θ é diferenciada duas vezes para definir a relação entre as acelerações translacional e angular.

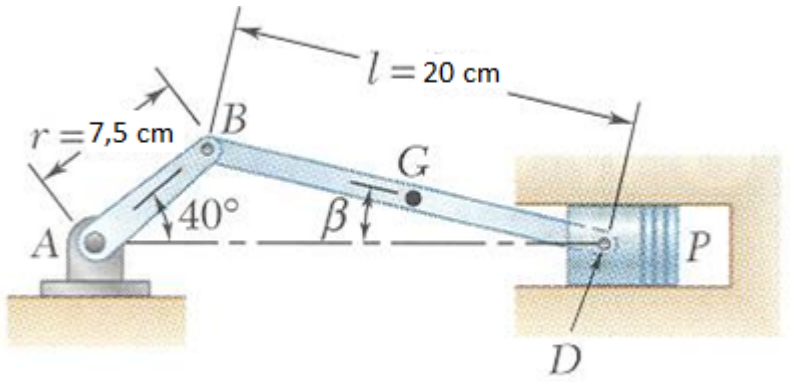
- A aceleração de cada ponto da engrenagem é obtida pela adição da aceleração do centro da engrenagem e das acelerações relativas com relação ao centro. Este último inclui componentes de aceleração normal e tangencial.



Translação + Rotação = Movimento de rolamento



Exemplo 5.5



A manivela AB do sistema biela-manivela (BD-AB) do motor do prob. 5.3 tem uma velocidade angular constante de 2000 rpm no sentido horário.

Para a posição mostrada da manivela, determine a aceleração angular da biela BD e a aceleração do ponto D.

SOLUÇÃO:

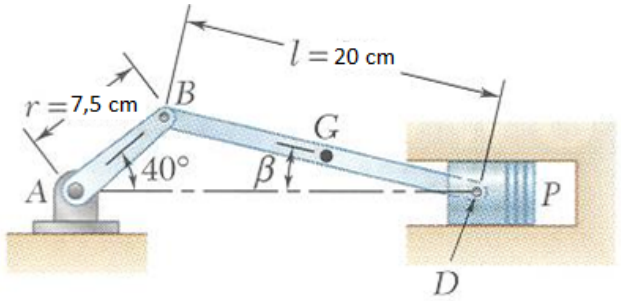
- A aceleração angular da biela BD e a aceleração do ponto D será determinada a partir

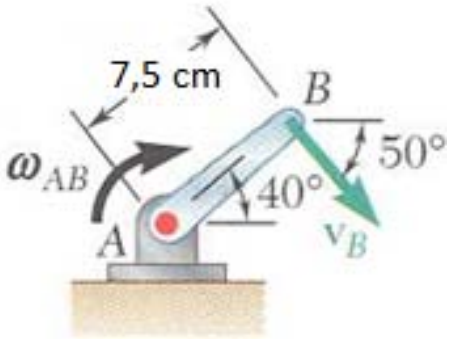
$$\vec{a}_D = \vec{a}_B + \vec{a}_{D/B} = \vec{a}_B + (\vec{a}_{D/B})_t + (\vec{a}_{D/B})_n$$

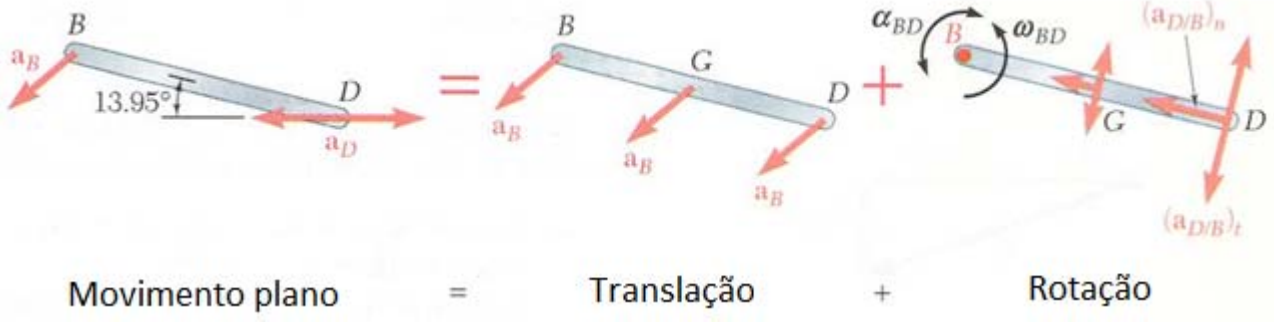
- A aceleração de B é determinada a partir da velocidade de rotação dada de AB.

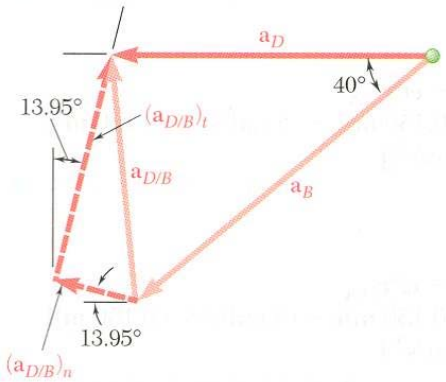
- As direções das acelerações $\vec{a}_D, (\vec{a}_{D/B})_t, \text{e } (\vec{a}_{D/B})_n$ são determinadas a partir da geometria.

- As equações componente para a aceleração do ponto D são resolvidas simultaneamente para a aceleração de D e para a aceleração angular da biela.

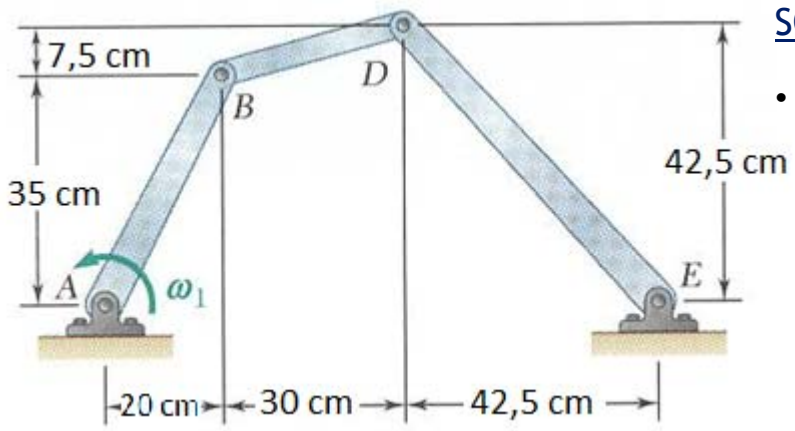

l = 20 cm
r = 7,5 cm
B
G
A
40°
β
P
D


7,5 cm
B
ω_AB
50°
40°
A
v_B


B
a_B
13.95°
D
a_D
=
B
G
D
a_B
a_B
a_B
+
α_BD
B
ω_BD
(a_D/B)_n
G
D
(a_D/B)_t
Movimento plano
=
Translação
+
Rotação


a_D
40°
13.95°
(a_D/B)_t
a_D/B
a_B
13.95°
(a_D/B)_n

Exemplo 5.6



SOLUÇÃO:

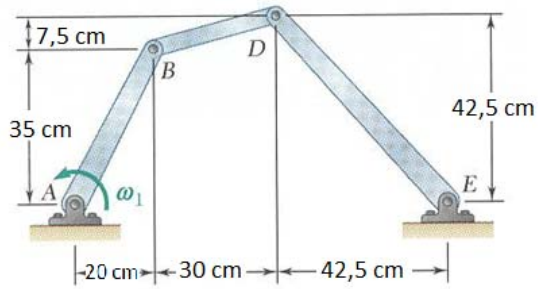
- As velocidades angulares são determinadas pela resolução simultânea das equações componentes a partir de:

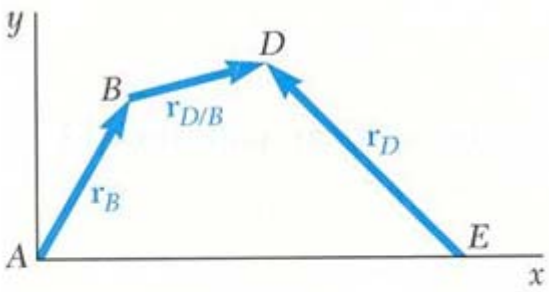
$$\vec{v}_D = \vec{v}_B + \vec{v}_{D/B}$$

- As acelerações angulares são determinadas pela resolução simultânea das equações componentes a partir de:

$$\vec{a}_D = \vec{a}_B + \vec{a}_{D/B}$$

A articulação ABDE movimenta-se no plano vertical. Sabendo-se que, na posição mostrada na figura, a manivela AB tem velocidade constante ω_1 de 20 rad/s no sentido anti-horário, determine a velocidade e a aceleração angulares da barra de ligação BD e da manivela DE.





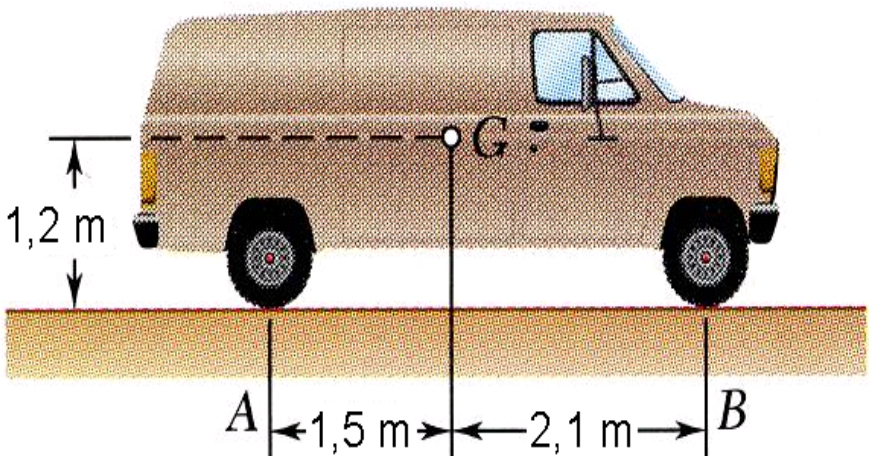
$$r_B = 20i+35j$$

$$r_D = -42,5i+42,5j$$

$$r_{D/B} = 30i+7,5j$$

VI – Cinética Plana do Corpo

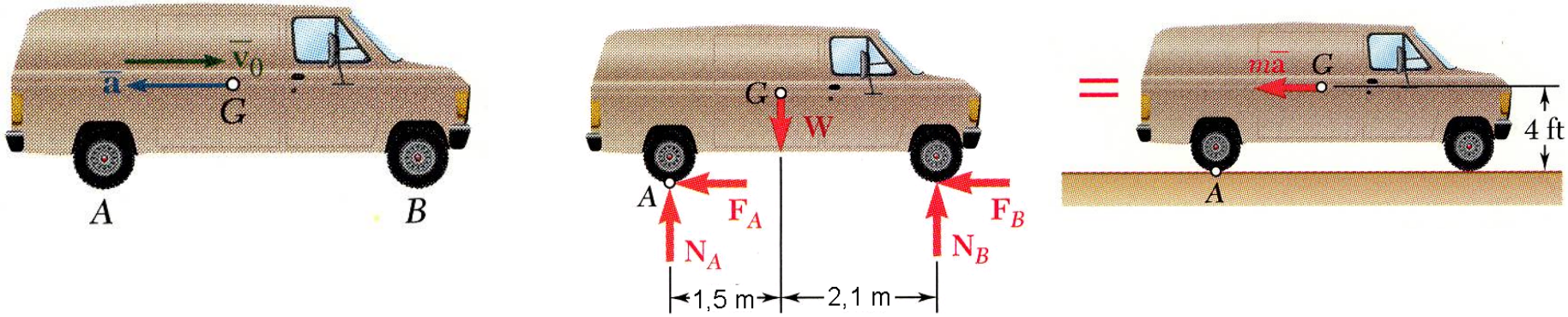
Exemplo 6.1



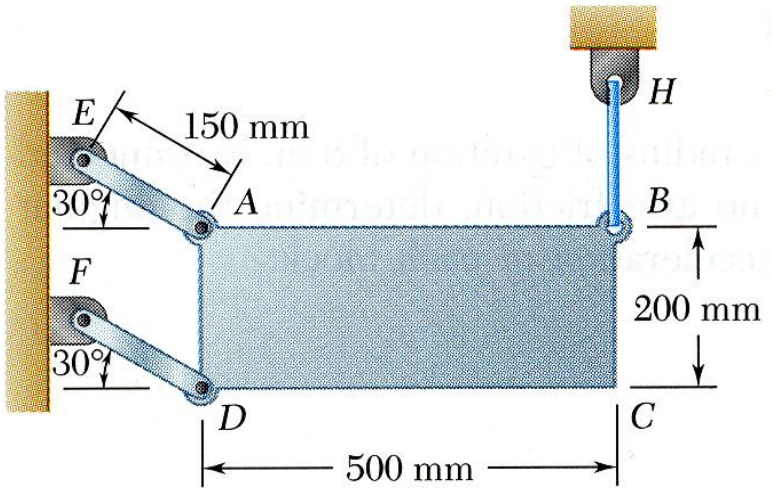
A uma velocidade de 9,1 m/s, para a frente, os freios do caminhão foram acionados, fazendo com que as rodas paressem de girar. Observou-se que o caminhão derrapou até parar em 6,1 m. Determinar a magnitude da reação normal e a força de atrito.

SOLUÇÃO:

- Calcular a aceleração no quantidade de movimento em que o caminhão derrapa sobre a superfície considerando aceleração uniformemente variada.
- Escreva as equações do diagrama de corpo livre observando a equivalência das forças externas e efetivas.
- Aplique as três equções para encontrar a força normal das rodas do caminhão na dianteira e na traseira e para encontrar o coeficiente de atrito entre as rodas e a superfície.


$\bar{v}_0$
$\bar{a}$
G
A
B
G
W
A
F_A
N_A
F_B
N_B
1,5 m
2,1 m
=
$m\bar{a}$
G
4 ft
A

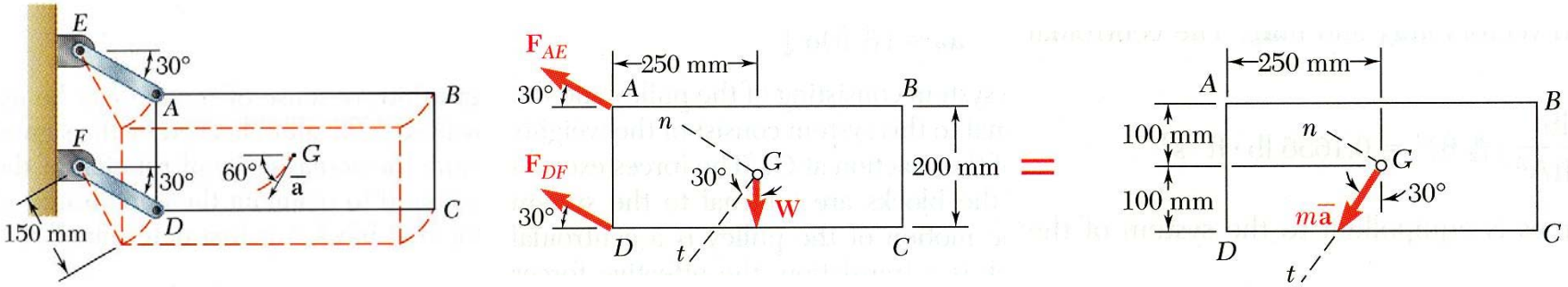
Exemplo 6.2



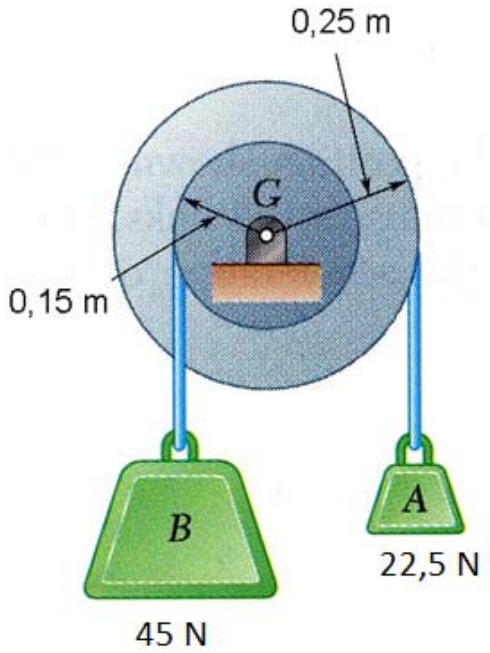
A placa fina de massa 8 kg é mantida no lugar, como mostrado. Desconsiderando a massa das hastes, determine imediatamente após o fio ser cortado: (a) a aceleração da placa, e (b) a força em cada haste.

SOLUÇÃO:

- Observe que depois de o fio ser cortado, todas as partículas da placa se movem através de trajetórias circulares de raio 150 mm.A placa está em movimento curvilíneo
- Escreva as equações do diagrama de corpo livre observando a equivalência das forças externas e efetivas.
- Simplifique para componentes escalares paralelas e perpendiculares à direção do centro de massa da placa
- Resolva as equações de momentoss e de componentes para a aceleração desconhecida e para as forças das hastes.


E
30°
A
B
F
30°
60°
G
a
C
D
150 mm
F_AE
250 mm
30°
A
B
n
F_DF
30°
G
200 mm
30°
W
D
t
C
=
A
250 mm
B
100 mm
n
G
100 mm
30°
ma
D
t
C

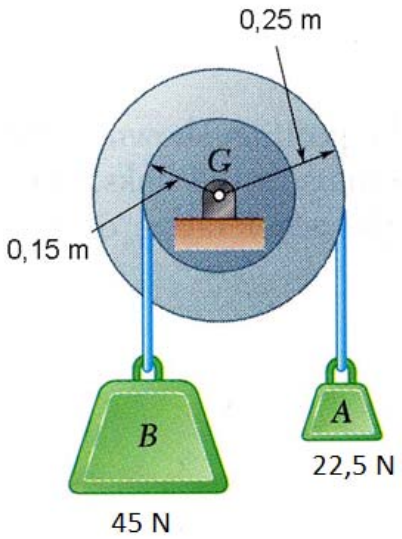
Exemplo 6.3

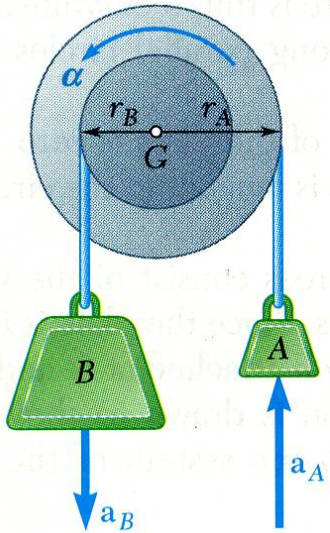


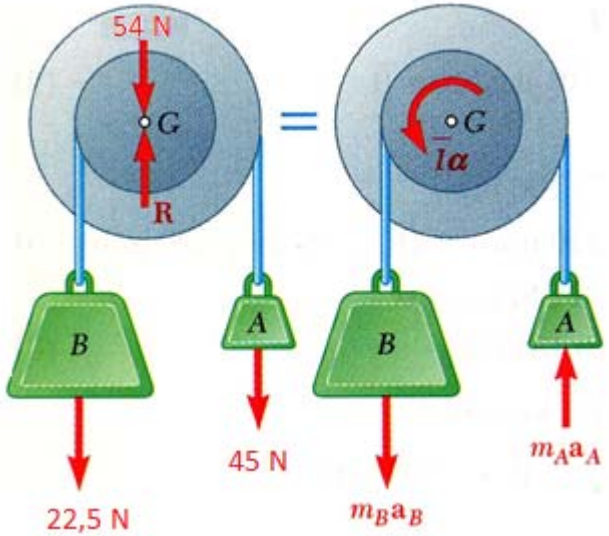
Uma polia de peso 54 N que possui um raio de giro de 0,2 m. está ligada a dois blocos, como mostrado.
Assumindo que não há atrito do eixo, determine a aceleração angular da polia e a aceleração de cada bloco

SOLUÇÃO:

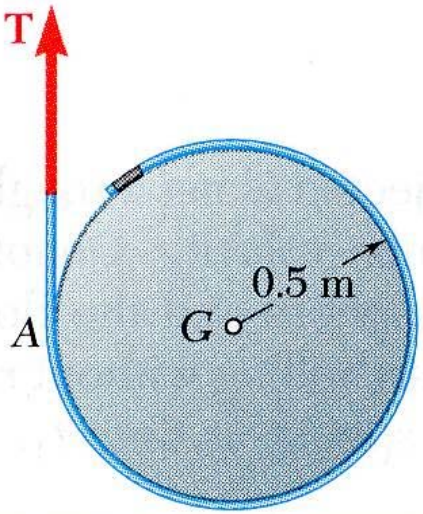
- Determinar o sentido de rotação, avaliando o momento global na polia
- Relacionar a aceleração dos blocos com a aceleração angular da polia.
- Escreva as equações do diagrama de corpo livre observando a equivalencia das forças externas e efetivas.
- Resolva a equação do momento para a aceleração angular da polia.


0,25 m
G
0,15 m
B
A
22,5 N
45 N


α
r_B
r_A
G
B
A
a_B
a_A


54 N
G
R
=
G
$I\alpha$
B
A
B
A
22,5 N
45 N
$m_B a_B$
$m_A a_A$

Exemplo 6.4

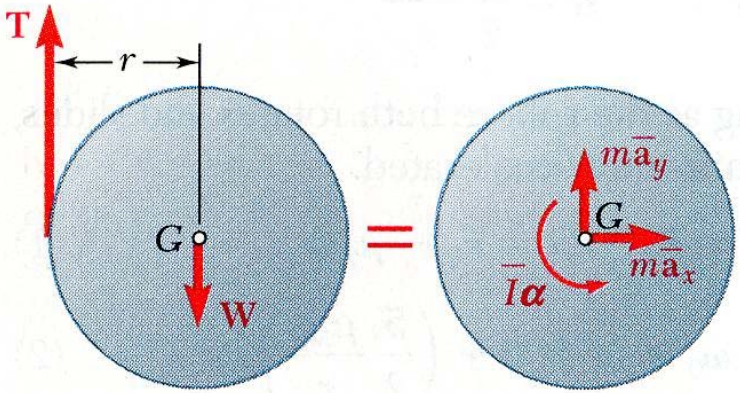


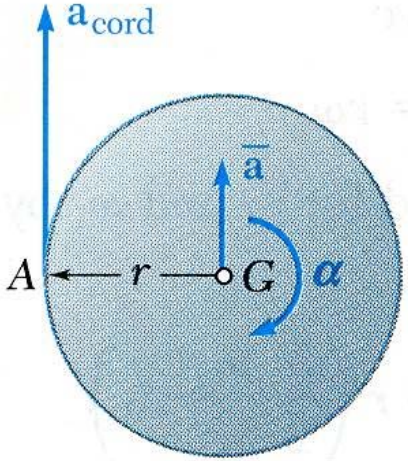
Um cabo é enrolado em um disco homogêneo de massa 15 kg. O cabo é puxado para cima com uma força T = 180 N.

Determine: (a) a aceleração do centro do disco, (b) a aceleração angular do disco, e (c) a aceleração do cabo

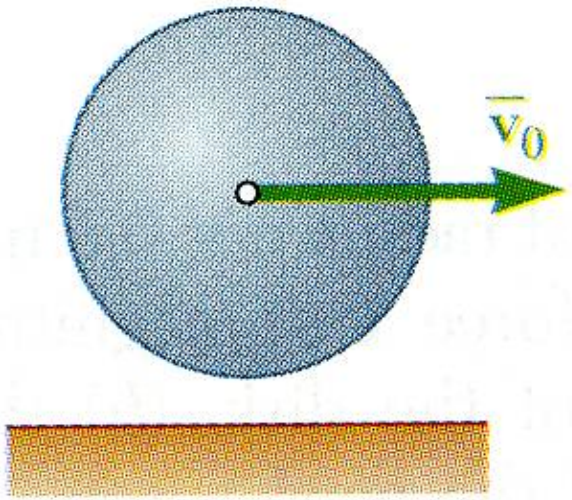
SOLUÇÃO:

- Escreva as equações do diagrama de corpo livre observando a equivalencia das forças externas e efetivas no disco.
- Resolva as três equações de equilibrio escalar para as velocidades horizontal, vertical e angular do disco.
- Determine a aceleração do cabo avaliando a aceleração tangencial do ponto A do disco.


T
r
G
W
=
$m\bar{a}_y$
G
$\bar{I}\alpha$
$m\bar{a}_x$


a_{cord}
$\bar{a}$
A
r
G
α

Exemplo 6.5

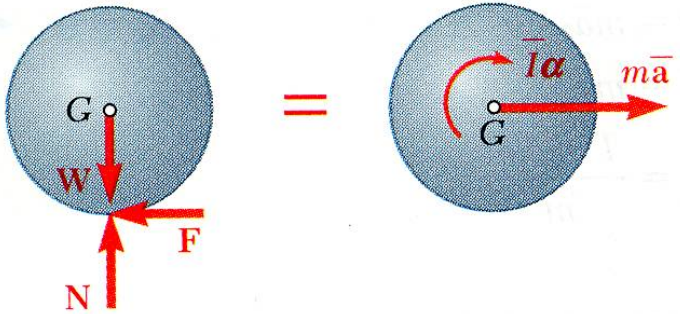


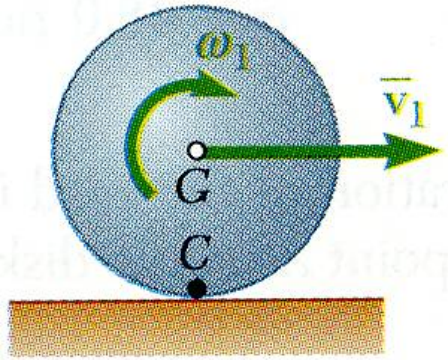
Uma esfera uniforme de massa m e raio r é projetada ao longo de uma superfície áspera horizontal com uma velocidade linear v_0. O coeficiente de atrito cinético entre a esfera e a superfície é μ_k.
Determine: (a) o tempo t_1 no qual a esfera vai começar a rolar sem deslizar, e (b) as velocidades linear e angular da esfera no tempo t_1.

SOLUÇÃO:

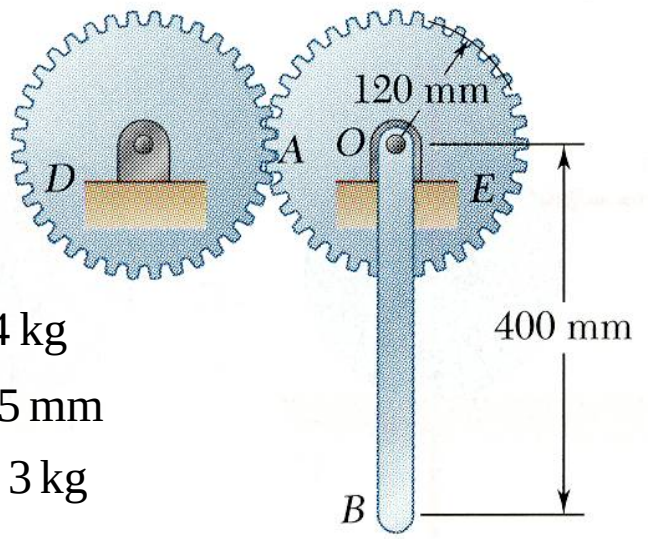
- Escreva as equações do diagrama de corpo livre observando a equivalencia das forças externas e efetivas na esfera.

- Resolva as equações de equilibrio escalar para a reação normal e acelerações angulares e tangenciais na esfera.
- Aplicar as relações cinemáticas para o movimento uniformemente acelerado para determinar o momento em que a velocidade tangencial da esfera seja zero, ou seja, quando a esfera para de deslizar.


G
W
F
N
=
$\bar{I}\alpha$
$m\bar{a}$
G


ω_1
$\bar{v}_1$
G
C

Exemplo 6.6



$m_E = 4\,\text{kg}$

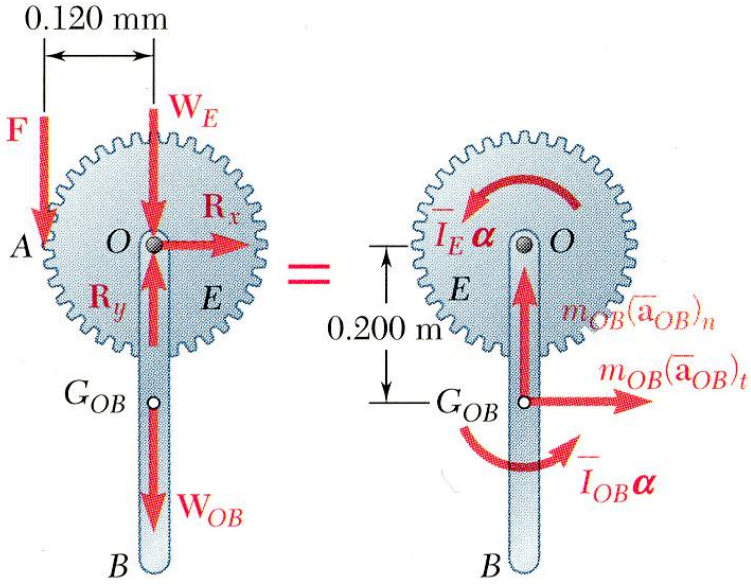
$\bar{k}_E = 85\,\text{mm}$

$m_{OB} = 3\,\text{kg}$

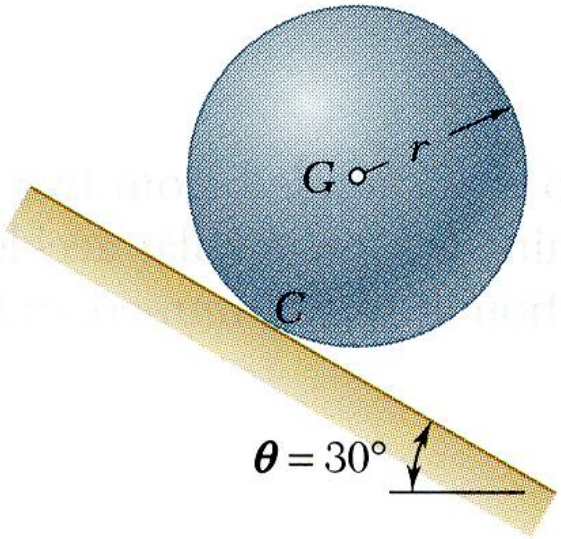
A parte AOB do mecanismo é acionada por uma engrenagem D e no instante mostrado tem uma velocidade angular no sentido horário de 8 rad/s e uma aceleração angular sentido anti-horário de 40 rad/s².
Determinar: a) força tangencial exercida pela engrenagem D, e b) componentes da reação no eixo O.

SOLUÇÃO:

- Escrever as equações do diagrama de corpo livre para AOB, observando a equivalência entre as forças externas e as efetivas.
- Avaliar as forças externas devido ao peso das engrenagens E e do braço OB e as forças eficazes associadas com a velocidade angular e a aceleração.
- Resolva as três equações do diagrama de corpo livre para a força tangencial em A e para os componentes horizontal e vertical da reação em O


0.120 mm
F
W_E
A
O
R_x
R_y
E
G_{OB}
W_{OB}
B
=
$\bar{I}_E\alpha$
O
E
0.200 m
$m_{OB}(\bar{a}_{OB})_n$
$m_{OB}(\bar{a}_{OB})_t$
G_{OB}
$\bar{I}_{OB}\alpha$
B

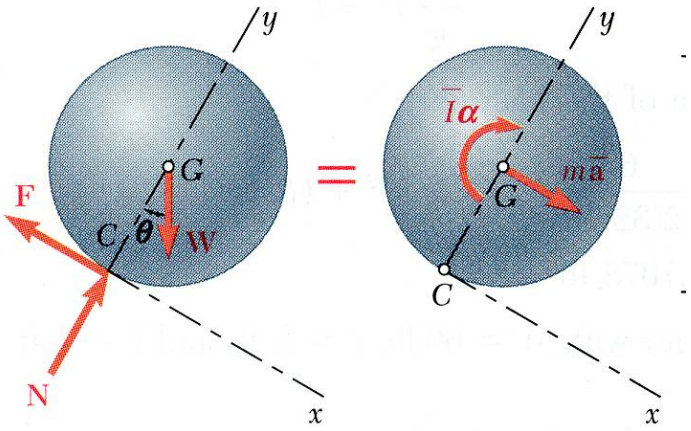
Exemplo 6.7



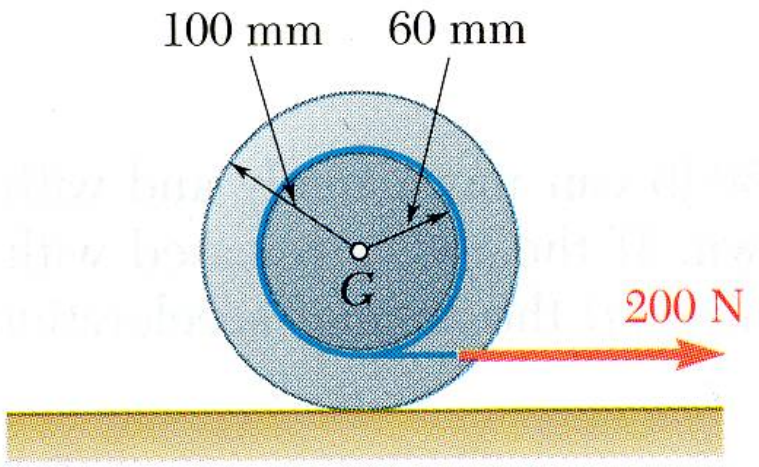
Uma esfera de peso W é liberada sem velocidade inicial e rola sem escorregar sobre o plano inclinado. Determinar: a) o valor mínimo do coeficiente de atrito, b) a velocidade de G após a esfera rolar 3m e c) a velocidade do G se a esfera se deslocar 3m abaixo de um declive sem atrito.

SOLUÇÃO:

- Escreva as equações do diagrama de corpo livre , observando a equivalência entre as forças externas e as efetivas.
- Com as acelerações lineares e angulares relacionadas, resolver as equações escalares derivadas da equação de corpo livre para a aceleração angular e as reações normais e tangenciais em C.
- Calcule o coeficiente de atrito necessário para a reação tangencial indicada em C
- Calcule a velocidade depois de 3m de movimento uniformemente acelerado
- Desprezando o atrito, calcule a aceleração linear e a velocidade correspondente após o deslocamento de 3 m.


y
G
F
C
θ
W
N
x
=
y
Iα
G
ma
C
x

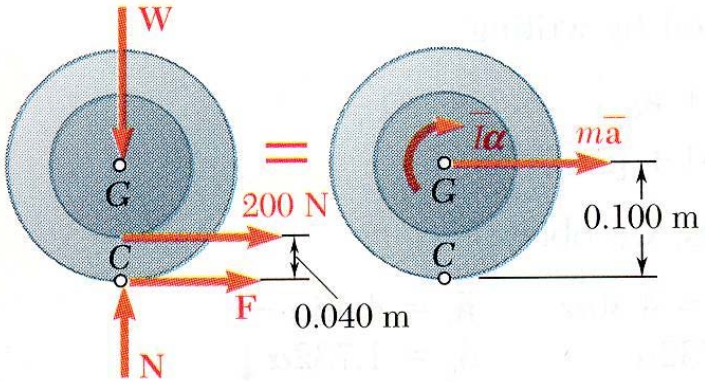
Exemplo 6.8

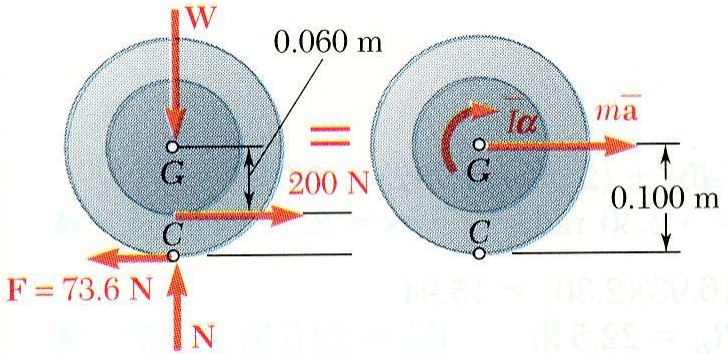


Uma corda é envolvida em torno do centro de uma roda e puxada horizontalmente com uma força de 200 N. O volante tem uma massa de 50 kg e um raio de giro de 70 mm. Sabendo $\mu_s = 0{,}20$ e $\mu_k = 0{,}15$, determine a aceleração de G e a aceleração angular da roda.

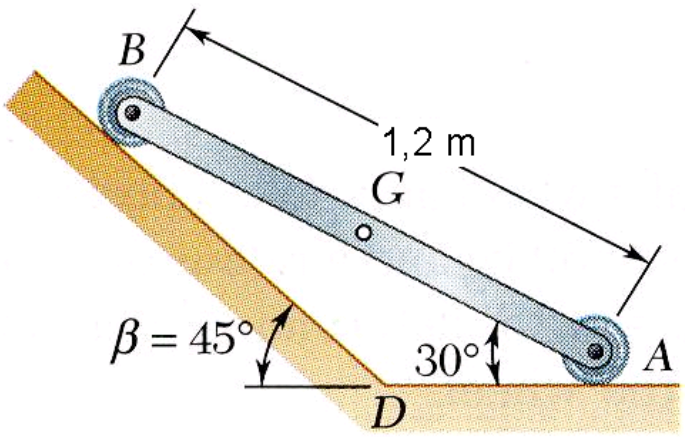
SOLUÇÃO:

- Escreva as equações do diagrama de corpo livre, observando a equivalência entre as forças externas e as efetivas.
- Considerando que a roda não desliza sobre a superfície, resolva as equações escalares para a aceleração,e reações normal e tangencial na superfície
- Compare a reação tangencial necessária com com a máxima força de atrito possível
- Se a roda deslizar , calcule a força cinética de fricção e então resolva as equações escalares para a aceleração angular e linear.


W
G
C
200 N
F
N
0.040 m
=
Iα
ma
G
C
0.100 m


W
0.060 m
G
C
200 N
F = 73.6 N
N
=
Iα
ma
G
C
0.100 m

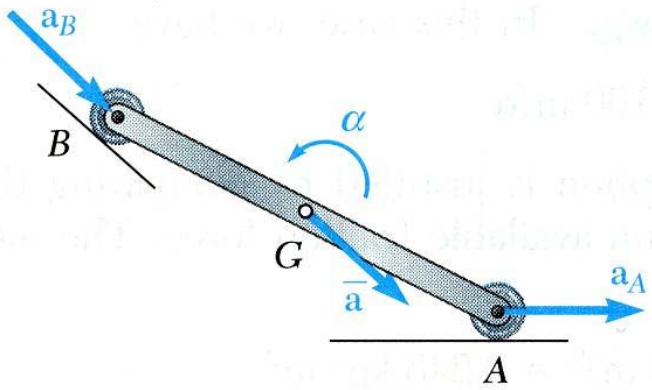
Exemplo 6.9

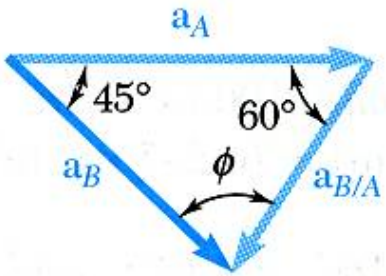


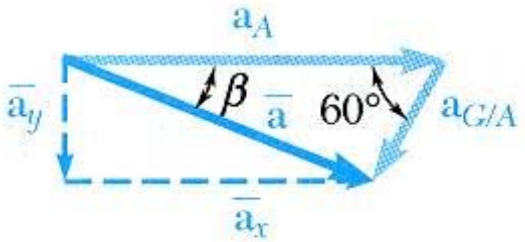
As extremidades de uma haste de 1,2m com peso de 225 N podem mover-se livremente e sem atrito ao longo de duas pistas em linha reta. A haste é liberada sem velocidade a partir da posição mostrada. Determinar: a) a aceleração angular da haste, e b) as reações em A e B.

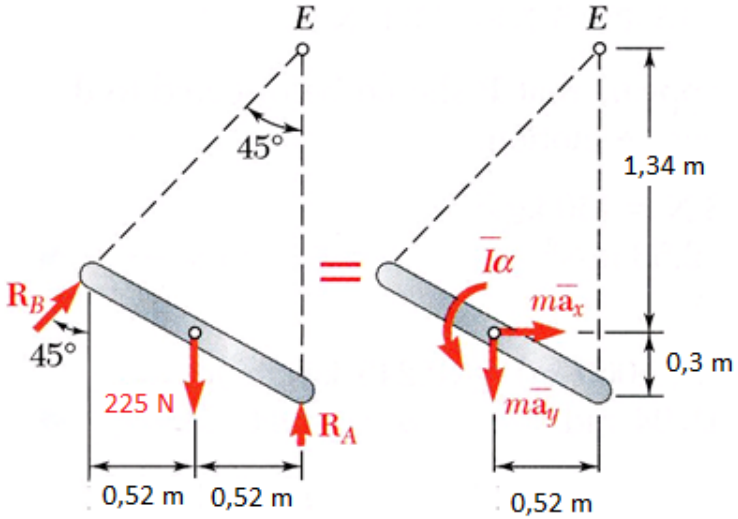
SOLUÇÃO:

- Com base na cinemática do movimento restrito, expressar as acelerações de A, B e G em termos da aceleração angular.
- Escreva as equações do diagrama de corpo livre , observando a equivalência entre as forças externas e as efetivas.
- Resolva as equações escalares para a aceleração angular e para as reações em A e em B


a_B
B
α
G
$\bar{a}$
a_A
A


a_A
45°
60°
ϕ
a_B
$a_{B/A}$


a_A
$\bar{a}_y$
β
$\bar{a}$
60°
$a_{G/A}$
$\bar{a}_x$


E
45°
R_B
45°
225 N
R_A
0,52 m
0,52 m
=
E
$\bar{I}\alpha$
$m\bar{a}_x$
$m\bar{a}_y$
1,34 m
0,3 m
0,52 m