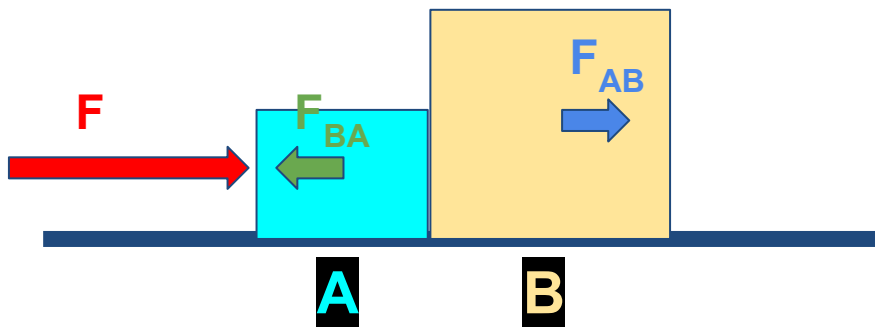


# **Diagrama de Forças, Sistemas de corpos e o cálculo da aceleração**

# O que é um diagrama de forças?

Um diagrama de forças é um esquema onde são expostas todas as forças que atuam sobre os corpos de um sistema.

Exemplo:



Legenda:

**A** - Corpo A

**B** - Corpo B

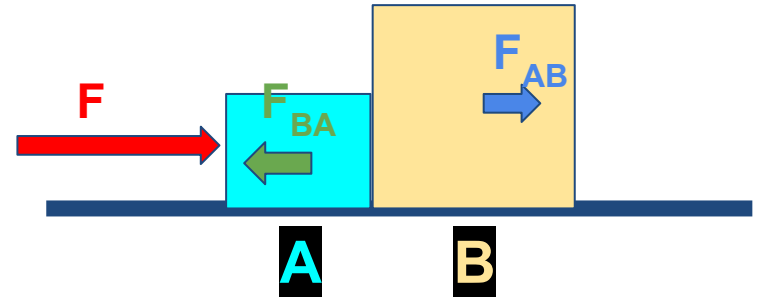
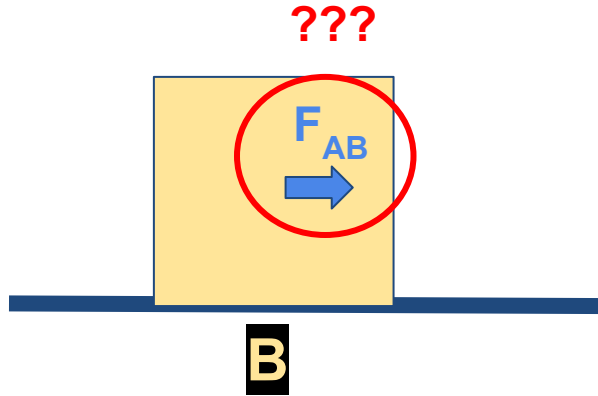
**F** - Força externa aplicada ao corpo A

**F<sub>AB</sub>** - Força que o corpo A faz sobre o B

**F<sub>BA</sub>** - Força que o corpo B faz sobre o A

Vamos analisar primeiro o corpo B:

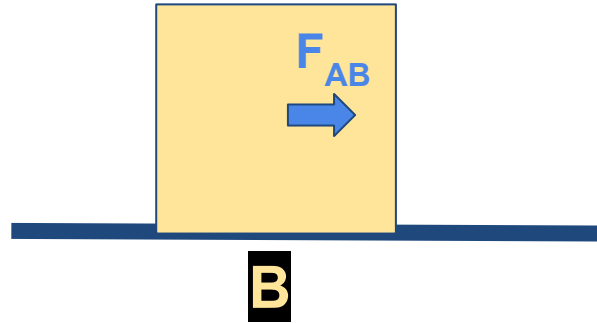
De onde surge a força aplicada em B ( $F_{AB}$ )?



Quando a força  $F$ , aplicada sobre o corpo A, o empurra, a única forma desse corpo se mover é indo para a direita, mas para fazer isso o corpo A **NECESSARIAMENTE** tem que empurrar o corpo B, logo a força  $F_{AB}$  é a força que o A faz sobre o B.

Obs.: A força  $F$  está aplicada apenas sobre o corpo A, não sobre o corpo B.

Sendo assim a força resultante sobre o corpo B é a força  $F_{AB}$ !

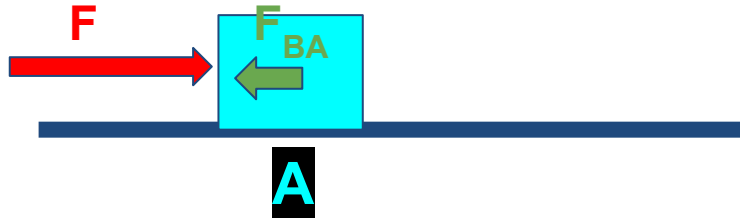


Logo  $F_{RB} = F_{AB}$  -> Força resultante em B ( $F_{RB}$ ) é igual a força que A faz em B

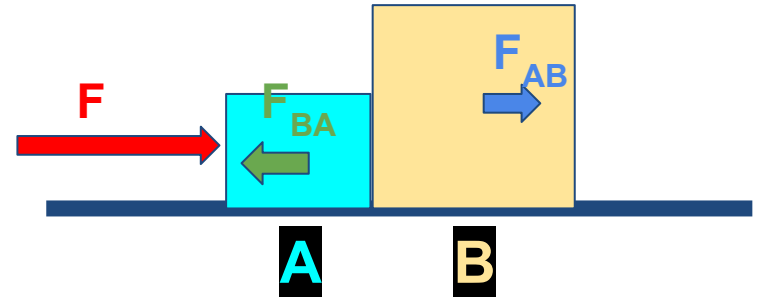
E como é  $F_{RB} = m_B \cdot a$  -> podemos concluir que  $F_{AB} = m_B \cdot a$  !

onde “ $a$ ” é a aceleração sofrida pelo corpo B e  $m_B$  é a massa do corpo B

Vamos analisar agora o corpo A:  
Quais são as forças aplicadas em A?



$$F_{RA} = F - F_{BA}$$



Sobre o corpo A temos duas forças horizontais, a força  $F$  apontando para a direita e a força de reação do corpo B sobre o A ( $F_{BA}$ ), apontando para a esquerda.

Sendo assim a força resultante sobre o corpo A é a soma de duas forças, uma para a direita, que convencionamos positiva  $F$ , e uma para a esquerda que dizemos negativa  $F_{BA}$ .

E como  $F_{RA} = m_A \cdot a$ , temos que:

$$F - F_{BA} = m_A \cdot a$$

$F_{RA}$  -> Força resultante em A

$m_A$  -> massa de A

$a$  -> aceleração do corpo A

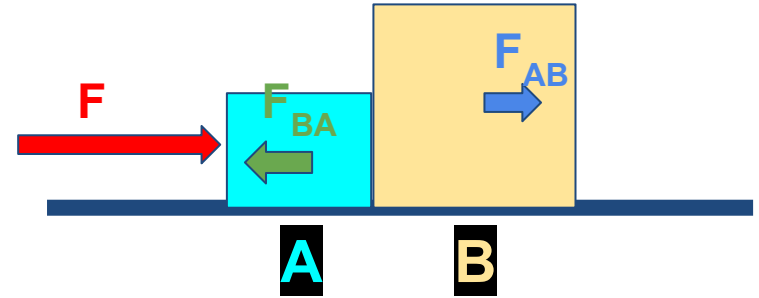
Lembrando aos desatentos:

Se  $F_{RA} = F - F_{BA}$  e  $F_{RA} = m_A \cdot a$ , logo  $F - F_{BA} = m_A \cdot a$

Voltando ao sistema inicial temos equações, uma para A e outra para B

Assim temos:

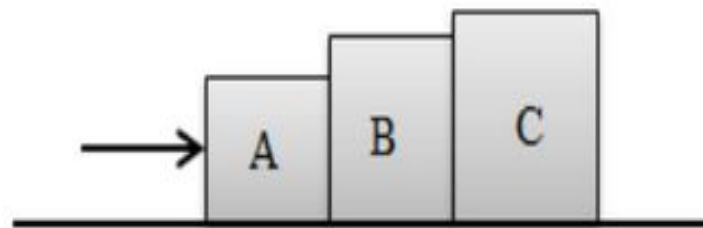
$$\begin{cases} F - F_{BA} = m_A \cdot a \\ F_{AB} = m_B \cdot a \end{cases}$$



Através deste sistema podemos calcular a aceleração “a” que os blocos sofrem!  
OBS.: A aceleração a é a mesma para os dois blocos, pois eles jamais se separam!

# Exemplo Resolvido

1. (0,5) Uma força horizontal  $F$  aplicada no corpo A , tem módulo 112 N e empurra o sistema de corpos representado na figura ao lado. As massas dos corpos A, B e C são respectivamente 6 kg, 10kg e 12 kg, desconsiderando os atritos existentes no sistema, calcule:
- a) A aceleração do sistema;
  - b) A força que A exerce em B;
  - c) E a força que B exerce em C.





## Passo 1 - Diagrama de forças sobre cada corpo

Temos que ter em mente que:

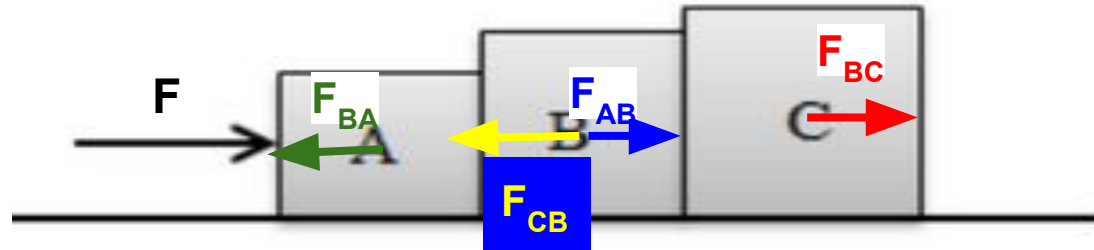
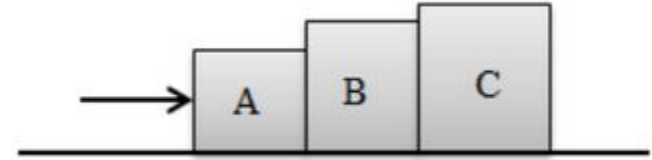
A força  $F$  empurra o corpo ;

O corpo A empurra o B  $\rightarrow F_{AB}$ ;

O corpo B empurra o C para frente  $\rightarrow F_{BC}$ ;

O corpo B reage e empurra o A para trás  $\rightarrow F_{BA}$ ;

O corpo C reage e empurra o B para trás  $\rightarrow F_{CB}$ ;



Estou desconsiderando a força Peso e a Normal em relação ao solo, mas eles existem e estão presentes, apenas se anulam!!

Analizando o corpo A, temos:

$$F_{RA} = F - F_{BA}$$

ou seja:

$$m_A \cdot a = F - F_{BA}$$

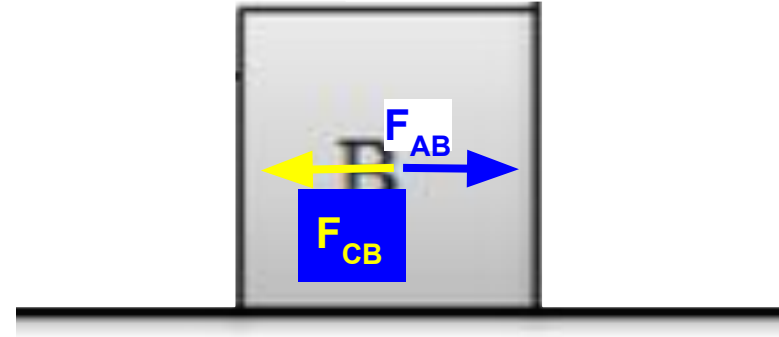


Analizando o corpo B, temos:

$$F_{RB} = F_{AB} - F_{CB}$$

ou seja:

$$m_B \cdot a = F_{AB} - F_{CB}$$

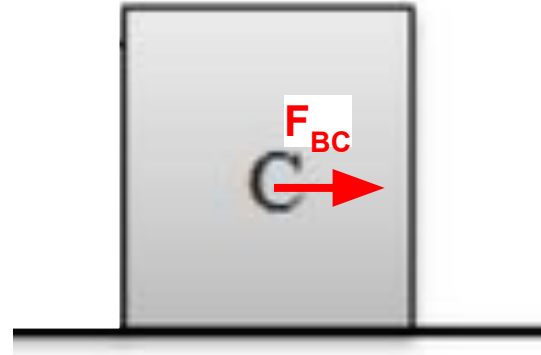


Analizando o corpo C, temos:

$$F_{RC} = F_{BC}$$

ou seja:

$$m_C \cdot a = F_{BC}$$



Juntando todas as equações, temos:

$$\begin{cases} m_A \cdot a = F - F_{BA} \\ m_B \cdot a = F_{AB} - F_{CB} \\ m_C \cdot a = F_{BC} \end{cases}$$

Para resolver o sistema, recomendo a soma das equações.

A soma das equações que estão do lado esquerdo = a soma das que estão do lado direito, assim temos:

$$m_A \cdot a + m_B \cdot a + m_C \cdot a = F - F_{BA} + F_{AB} - F_{CB} + F_{BC}$$

Obs. 1: Notem que em um sistema de 2 corpos, tínhamos duas equações, agora com 3 corpos temos 3 equações, em um sistema de 4 corpos teríamos 4 equações e assim sucessivamente.

Obs. 2: As forças  $F_{AB}$  e  $F_{BA}$  são um par ação ( $F_{AB}$ ) e reação  $F_{BA}$ , logo elas tem exatamente a mesma intensidade;

Obs. 3: As forças  $F_{BC}$  e  $F_{CB}$  são um par ação ( $F_{BC}$ ) e reação  $F_{CB}$ , logo elas tem exatamente a mesma intensidade;

$$m_A \cdot a + m_B \cdot a + m_C \cdot a = F - F_{BA} + F_{AB} - F_{CB} + F_{BC}$$

A letra “a)” do exercício pede para descobrir a aceleração do sistema, achar o “a”:  
Como  $m_A=6\text{kg}$ ,  $m_B=10\text{kg}$  e  $m_C=12\text{kg}$ , do lado esquerdo da equação temos:

$$6\text{kg} \cdot a + 10\text{kg} \cdot a + 12\text{kg} \cdot a = 28\text{kg} \cdot a$$

Para o lado direito já sabemos que:

$F_{AB}=F_{BA}$ , logo elas se anulam!

$F_{CB}=F_{BC}$ , logo elas se anulam!

$$28\text{kg} \cdot a = F - \cancel{F_{BA}} + \cancel{F_{AB}} - \cancel{F_{CB}} + \cancel{F_{BC}}$$

ou seja:

$$28\text{kg} \cdot a = F$$

Mas como  $F=112N$ , temos:

$$28kg \cdot a = 112N$$

Isolando  $a$ , fica:

$$a = \frac{112N}{28kg}$$

$$a = 4m/s$$

**UFA!!!  
FINALMENTE!!!**

**Calma, recém terminamos a letra “a)”**

A letra “b)” pede para descobrirmos a força que A exerce em B, força  $F_{AB}$  ou  $F_{BA}$  (já sabemos que são iguais)

Para descobrirmos  $F_{AB}$  temos de retornar ao sistema:

$$\begin{cases} m_A \cdot a = F - F_{BA} \\ m_B \cdot a = F_{AB} - F_{CB} \\ m_C \cdot a = F_{BC} \end{cases}$$

Vamos utilizar apenas a primeira equação, pois queremos saber  $F_{BA}$  e já temos todas as demais variáveis

Logo, temos:

$$\begin{array}{l} 6kg \cdot 4m/s = 112N - F_{BA} \\ 24N = 112N - F_{BA} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} 24N - 112N = -F_{BA} \\ -88N = -F_{BA} \end{array} \quad \Rightarrow \quad F_{BA} = 88N$$



A letra “c)” pede para descobrirmos a força que B exerce em C, força  $F_{BC}$  ou  $F_{CB}$  (já sabemos que são iguais) e de forma análoga a “letra b)”, temos:

Retornando ao sistema:

$$\begin{cases} m_A \cdot a = F - F_{BA} \\ m_B \cdot a = F_{AB} - F_{CB} \\ m_C \cdot a = F_{BC} \end{cases}$$

Vamos utilizar apenas a terceira equação, pois queremos saber  $F_{BC}$  e já temos todas as demais variáveis

Logo, temos:

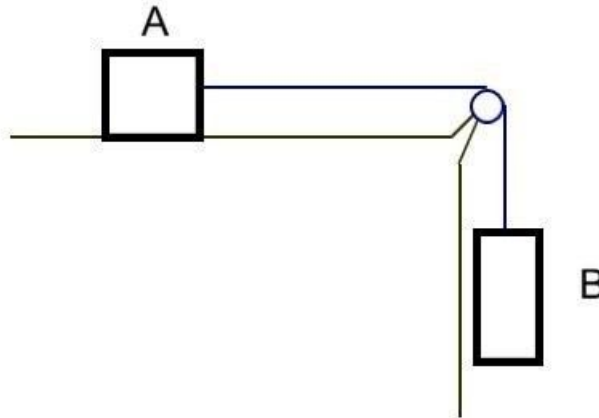
$$12kg \cdot 4m/s = F_{BC}$$

$$48N \equiv 48N$$

AGORA SIM  
ACABOU  
:D  
/o/

# Exemplo Resolvido

2. No sistema representado na figura, as massas dos blocos A e B são respectivamente 3 kg e 1 kg. Despreze qualquer atrito. Determine:
- A aceleração do sistema
  - A força de tração no fio que liga os dois corpos.



**Diagrama de forças:**  
Desta forma as forças que nos interessam são:

Força de tração da corda sobre os corpos  $\rightarrow F_T$

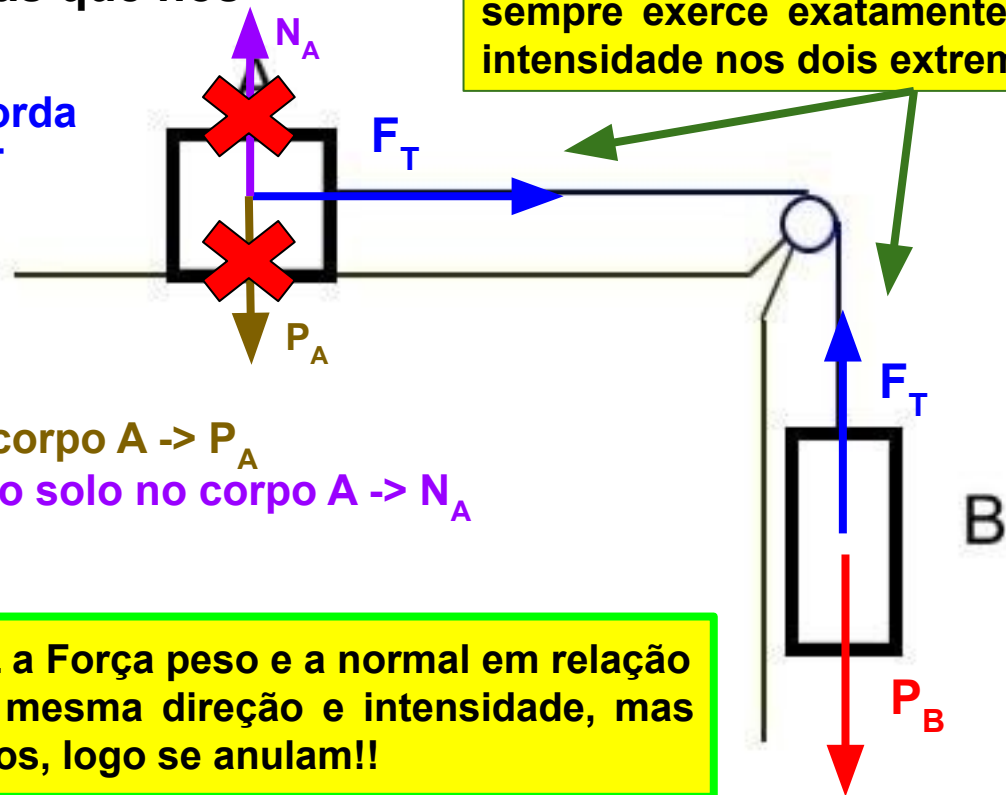
Força Peso sobre o corpo B  $\rightarrow P_B$

Força Peso sobre o corpo A  $\rightarrow P_A$

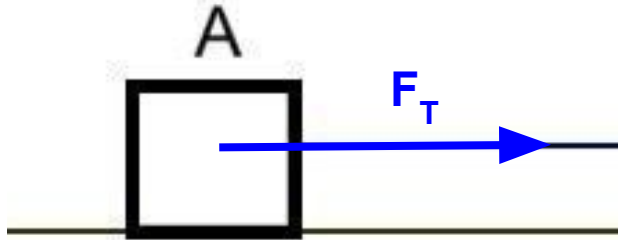
Normal em relação ao solo no corpo A  $\rightarrow N_A$

Quando na HORIZONTAL a Força peso e a normal em relação ao solo **SEMPRE** tem a mesma direção e intensidade, mas possuem sentidos opostos, logo se anulam!!

Obviamente a Força de tração sempre puxa os corpos no sentido da corda, assim como sempre exerce exatamente força de mesma intensidade nos dois extremos da corda!!



Analizando A, temos:

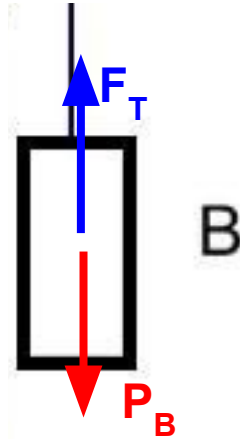


ou seja:

$$F_{RA} = F_T$$

$$m_A \cdot a = F_T$$

Analizando B, temos:



ou seja:

$$F_{RB} = P_B - F_T$$

$$m_B \cdot a = P_B - F_T$$

Montando o Sistema:

$$\begin{cases} m_A \cdot a = F_T \\ m_B \cdot a = P_B - F_T \end{cases}$$

Resolvendo o sistema por soma:

$$+ \begin{cases} m_A \cdot a = F_T \\ m_B \cdot a = P_B - F_T \end{cases}$$


---

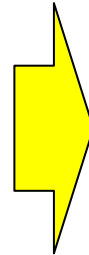
$$m_A \cdot a + m_B \cdot a = \cancel{F_T} + P_B - \cancel{F_T}$$

um soma e o outro diminui, logo se anulam!

Então temos:  $m_A \cdot a + m_B \cdot a = P_B$

mas como:  $P_B = m_B \cdot g$

então:  $m_A \cdot a + m_B \cdot a = m_B \cdot g$



$$3kg \cdot a + 1kg \cdot a = 1kg \cdot 10m/s^2$$



$$4kg \cdot a = 10kg \cdot m/s^2$$

$$a = \frac{10kg \cdot m/s^2}{4kg}$$

$$a = 2,5m/s^2$$

Resolvemos a letra "a)"

Letra “b)” qual é a  $F_T$  -> Força de tração?

Essa é bastante simples, voltamos ao sistema:

$$\begin{cases} m_A \cdot a = F_T \\ m_B \cdot a = P_B - F_T \end{cases}$$

nos dá exatamente o que queremos!

Assim:  $F_T = 3kg \cdot 2,5m/s^2$

$$F_T = 7,5N$$

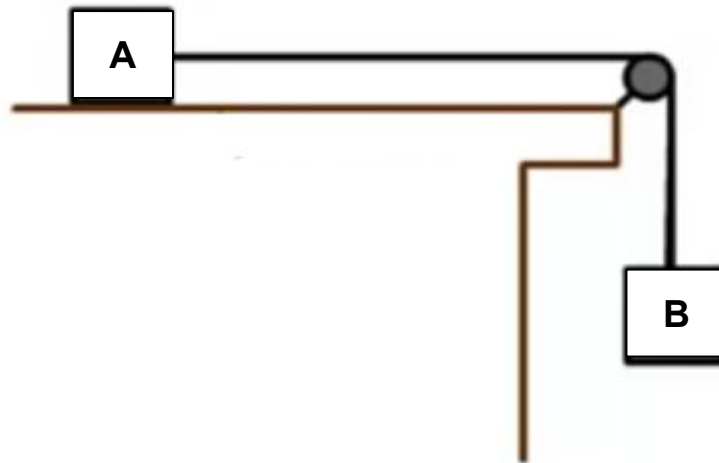
**Esse foi fácil demais!!**

**Antes de olhar a resolução deste exemplo tente fazer sozinho(a)  
esse é com atrito! :D**

### **Exemplo Resolvido:**

Dois corpos A e B, de Massas  $M_A = 3\text{kg}$  e  $M_B = 2\text{kg}$ , estão ligados por uma corda de peso desprezível que passa sem atrito pela polia, como mostra a figura a seguir:

Entre A e a mesa existe atrito de coeficiente  $\mu_c = 0,5$ , a aceleração da gravidade vale  $g=10\text{m/s}^2$  e o sistema é mantido inicialmente em repouso. Qual aceleração atingem os blocos após o sistema ser liberado?



Já tentou? boa!  
Vamos ver se acertou!

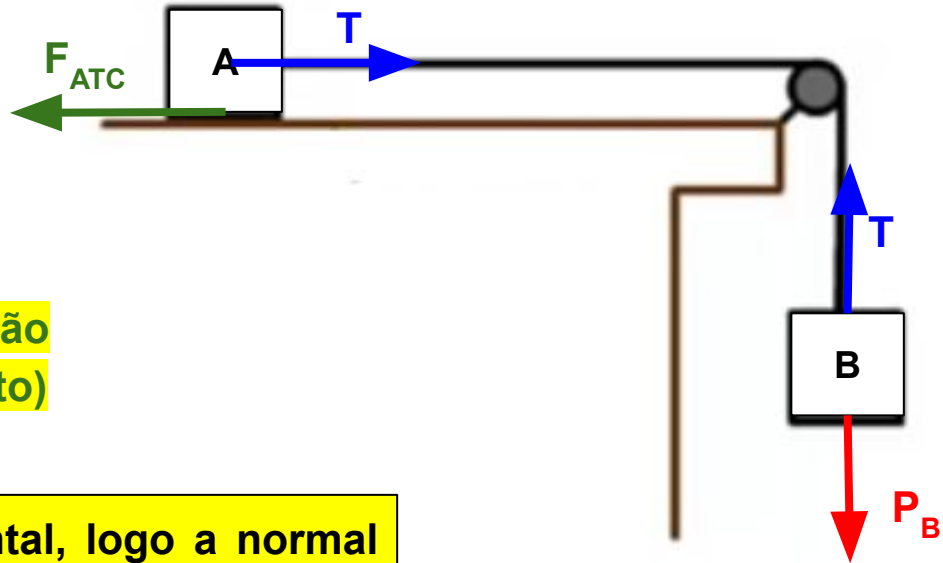
Montando o diagrama:

$T$  -> força de tração na corda

$P_B$  -> Força peso em B

$F_{ATC}$  -> Força de atrito cinético  
(queremos saber a aceleração, então  
o sistema deve estar em movimento)

Novamente estamos na horizontal, logo a normal  
com o solo sobre A e o seu peso irão se anular!





para A, temos:



$$\text{então: } F_{RA} = T - F_{ATC}$$

$$\text{ou seja: } M_A \cdot a = T - F_{ATC}$$

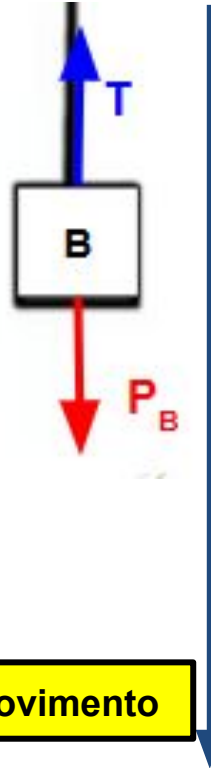
Lembrando que  $F_{ATC} = \mu_c \cdot N$  e que no plano horizontal Normal = Peso

$$\text{temos: } M_A \cdot a = T - \mu_c \cdot M_A \cdot g$$

para B, temos:

$$\text{logo: } F_{RB} = P_B - T$$

sabendo que:  $F = M \cdot a$  e  
Por adotado o sentido do movimento (o sistema irá cair) como positivo assim  $P_B$  é positivo e a tração que aponta no sentido oposto é negativa!



Montando o Sistema: 
$$+ \begin{cases} M_A \cdot a = T - \mu_C \cdot M_A \cdot g \\ M_B \cdot a = M_B \cdot g - T \end{cases}$$

somando as equações

---


$$M_A \cdot a + M_B \cdot a = T - \mu_C \cdot M_A \cdot g + M_B \cdot g - T$$

as trações se anulam

Como:

$$M_A = 3\text{kg}$$

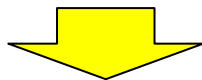
$$M_B = 2\text{kg}$$

$$\mu_C = 0,5$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

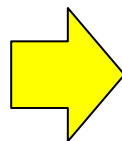
Temos:  $3\text{kg} \cdot a + 2\text{kg} \cdot a = \text{X} - 0,5 \cdot 3\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 + 2\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 - \text{X}$

logo:  $5\text{kg} \cdot a = -15\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 + 20\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$



$$5\text{kg} \cdot a = 5\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$$

$$a = \frac{5\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{5\text{kg}}$$



$$a = 1\text{m/s}^2$$

Para achar a Tração (T), fazemos:

$$\begin{cases} M_A \cdot a = T - \mu_C \cdot M_A \cdot g \\ M_B \cdot a = M_B \cdot g - T \end{cases}$$

pode-se escolher qualquer equação,  
escolhi a de baixo, pois tem uma  
variável a menos para digitar :P

logo:  $2kg \cdot 1m/s^2 = 2kg \cdot 10m/s^2 - T$

$$2N = 20N - T$$

$$2N - 20N = -T$$

$$-18N = -T \quad \longrightarrow$$

$$T = 18N$$

**Há uma lista de exercícios no sigaa sobre o tema!**

**Lista de exercícios: [Clique Aqui!](#)**