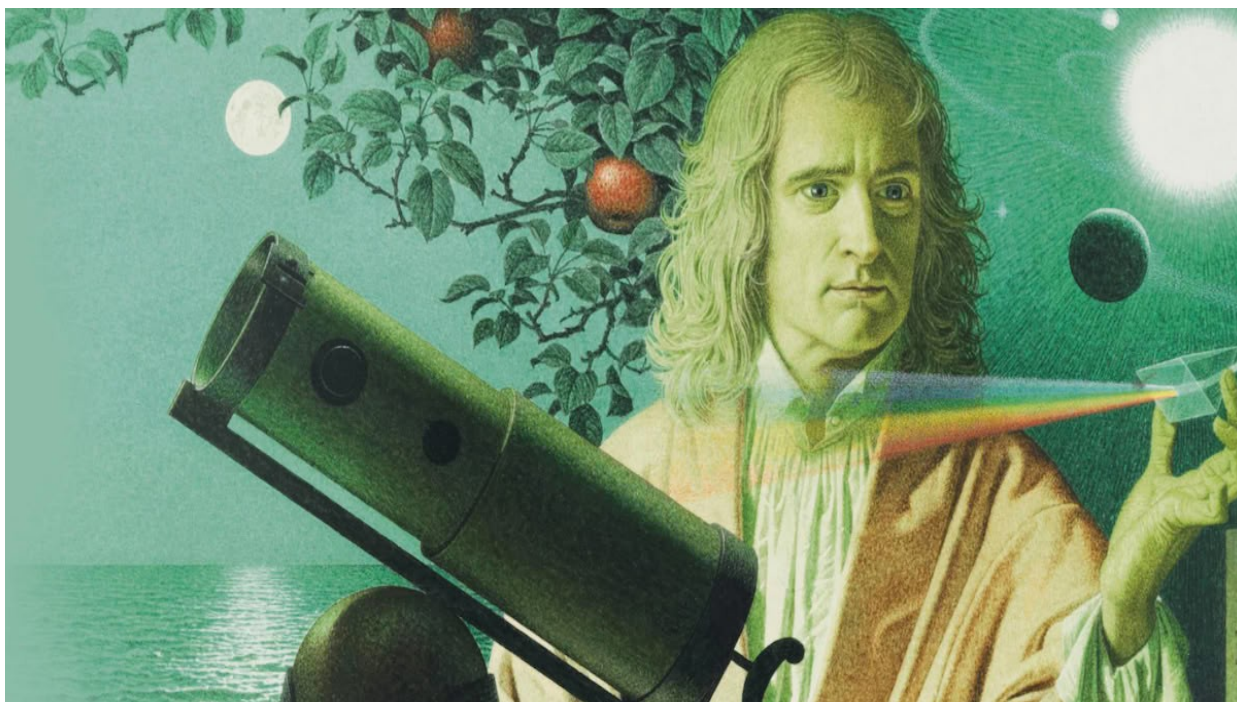




FORZA. LEIS DE NEWTON



"Sir Isaac Newton" (Jean-Leon Huens, CC-PDM 1.0)



ÍNDICE

FORZA. LEIS DE NEWTON

1. DEFINICIÓN DE FORZA E UNIDADES.....	1
1.1 Concepto de equilibrio.....	1
2. LEIS DE NEWTON.....	2
2.1 Primeira Lei de Newton.....	2
2.2 Segunda Lei de Newton.....	2
2.3 Terceira Lei de Newton.....	3
3. RESOLUCIÓN DE EXERCICIOS: FORZAS RELEVANTES.....	4
3.1 O peso.....	6
3.2 A normal.....	8
3.3 A forza de rozamento.....	9
EXERCICIOS.....	14
SOLUCIÓNS.....	15

1. DEFINICIÓN DE FORZA E UNIDADES

A forza é unha magnitude que describe a interacción entre 2 corpos que acostuma a ter asociada un cambio no movemento nalgún dos corpos involucrados. Por exemplo, ao empuxar unha caixa establécese unha interacción entre a caixa e nós, e se a forza aplicada é suficiente, lograremos arrastrar a caixa.

Cando describimos as forzas acostumamos a facer unha distinción en base a distancia que separe aos corpos que interactúan, por iso, pode falarse de forzas de contacto (empuxar, arrastrar, golpear...) e forzas a distancia (a atracción gravitacional, a repulsión ou atracción entre imáns...).

Sexa cal sexa a natureza dunha forza esta trátase dunha magnitude vectorial, é dicir, ten unha dirección e un sentido. Esta idea é bastante intuitiva xa que é fácil decatarse que non é o mesmo tirar que empurrar. Se ben ambas situacións implican a aplicación dunha forza nunha mesma dirección, os sentidos das forzas son contrarios.

Neste mesmo sentido, cabe destacar o concepto de forza neta, que non é máis que a suma vectorial de todas as forzas que actúan sobre un corpo. Por exemplo, se sobre un mesmo corpo realizamos unha forza de 10 N cara a dereita, e de xeito simultáneo, unha forza de 10 N cara a esquerda, a forza neta que actúa sobre o corpo será de 0 N. Se a forza fose de 10 N cara arriba e 4 N cara abaixo, a forza neta sería de 6 N cara arriba. E se temos dúas forzas de 8 N cara a dereita, a forza neta será de 16 N cara a dereita.

A unidade empregada leva o nome de Newton, en referencia o científico inglés Isaac Newton, e representase mediante a letra N. Para ter unha idea aproximada de canto supón un Newton de forza, podemos considerar que 1 N equivale a forza necesaria para levantar una masa de 100 g, ou ben, que para suxeitar una botella dun litro de auga estaremos a facer unha forza aproximada de 10 N.

1.1 Concepto de equilibrio

Diremos que un corpo se atopa en equilibrio dinámico naquela situación onde a suma de forzas sexa 0. Un corpo que se atope en equilibrio permanecerá quieto ou cunha velocidade constante de forma indefinida ate que algunha nova forza perturbe o equilibrio.

2. LEIS DE NEWTON

Isaac Newton establece tres leis fundamentais aplicables a calquera situación onde as forzas estean involucradas.

2.1 Primeira Lei de Newton

Un corpo sobre o cal non actúa ningunha forza neta se moverá con velocidade constante (ou velocidade 0) e non terá ningunha aceleración.

Esta primeira lei recibe o nome de lei de inercia e reflicte a propiedade pola cal os corpos tenden a manter o seu estado de movemento agás actúe unha forza. Dalgún xeito, a lei trata de dicirnos que si un corpo viaxa cunha velocidade dada, dito corpo seguirá viaxando coa mesma velocidade e describindo un mru ata que actúe unha forza.

De igual forma, podemos concluír que si un corpo acelera, frea ou describe unha curva débese a que sobre o corpo está actuando unha forza neta distinta de 0.

2.2 Segunda Lei de Newton

A segunda lei introduce unha relación matemática que permite coñecer a relación que existe entre a forza aplicada e o cambio no movemento que cabe esperar.

Matematicamente:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

onde **F** representa o vector forza neta expresado en newtons, **m** representa a masa expresada en kg e **a** representa o vector aceleración expresado en m/s².

Esta lei implica que se aplicamos una forza nun sentido, cabe esperar que o corpo acelere nese mesmo sentido. A masa afectará á magnitude da aceleración acadada. Por exemplo, una forza de 100 N sobre unha masa de 1 kg lograría unha aceleración de 100 m/s² mentres se aplique a forza, sen embargo, esa mesma forza de 100 N sobre unha masa de 1.000 kg lograría unha aceleración de 0,1 m/s² Como é lóxico, acelerar masas máis grandes precisará en xeral de forzas máis grandes.

En moitos casos, teremos situacións onde actúan moitas forzas de xeito simultáneo sobre o mesmo corpo, neses casos, deberíamos sumar todas as forzas e a segunda lei podería ser escrita deste xeito:

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

En situacións onde o sentido da forza ou da aceleración sexan evidentes, poderemos prescindir dos vectores e escribir:

$$F = m \cdot a$$

2.3 Terceira Lei de Newton

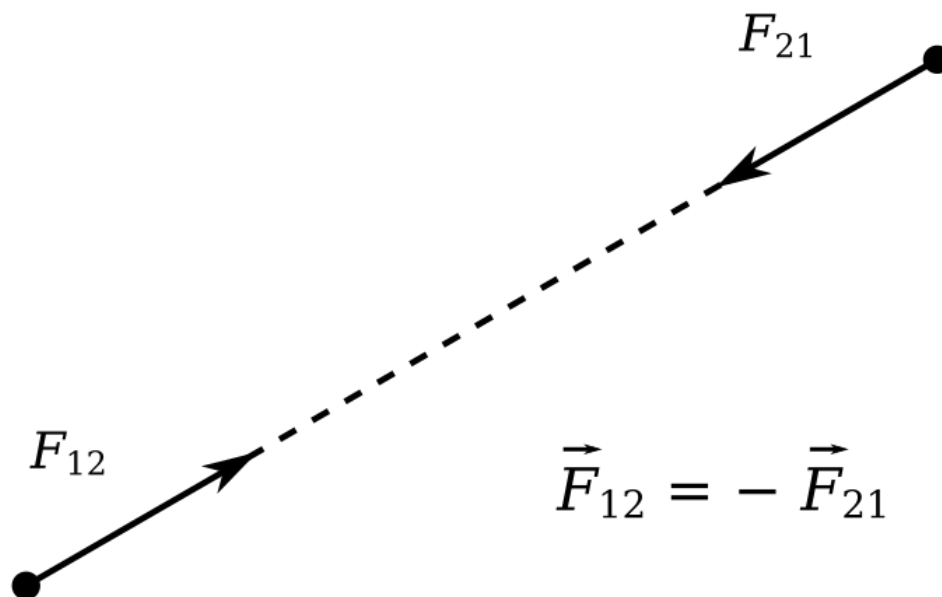
Se un corpo A exerce unha forza sobre un corpo B, entón o corpo B exercerá unha forza igual en magnitude e dirección pero de sentido contrario sobre o corpo A.

É importante recalcar que o punto de aplicación de ambas forzas é distinto, é dicir, a forza que realice o corpo A, actuará sobre o corpo B. E a forza que realice B, actuará sobre o corpo A.

Esta parella de forzas é inevitable, e sempre que teñamos unha forza aplicada sobre un corpo, debemos ter en consideración a existencia desta segunda forza. O concepto non é tan intuitivo, pero o que nos está a dicir é que, se empuxamos un armario cara a dereita o armario realizará a mesma forza sobre nos e cara a esquerda.

Esta lei tamén é coñecida como o Principio de acción-reacción.

Esquemáticamente teríamos algo así:



3. RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS: FORZAS RELEVANTES

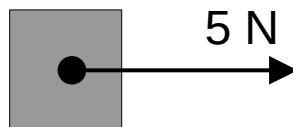
Para a resolución de exercicios que impliquen o emprego de forzas é necesario realizar un esquema onde se debuxen as forzas situadas nun sistema de coordenadas cartesiano. Este tipo de esquema é máis importante conforme máis forzas actúen de xeito simultáneo e permite ter unha idea aproximada do resultado que cabe esperar.

Comencemos coa situación máis sinxela.

Exemplo 1

Sobre un corpo de 4 kg, que se atopa en repouso, actúa unha forza de 5 N cara a dereita. Determina a aceleración acadada polo corpo.

Facemos un esquema:



Dado que sobre o corpo solo actúa unha forza, a aceleración terá ese mesmo sentido e o corpo comezará a desprazarse cara a dereita.

Agora, aplicando a 2ª lei de Newton:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

substituíndo,

$$5 = 4 \cdot a$$

e despexando a incógnita,

$$a = \frac{5}{4} = 1,25 \frac{m}{s^2}$$

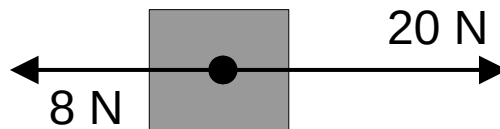
A aceleración que acada o corpo mentres se aplica a forza é de $1,25 \text{ m/s}^2$.

Para aumentar lixeiramente a complexidade, podemos considerar que sucede se actúan varias forzas no mesmo eixo.

Exemplo 2

Sobre unha masa descoñecida actúan de forma simultánea unha forza de 8 N cara a esquerda e outra de 20 N cara a dereita, de xeito que o corpo acada unha aceleración de 2 m/s^2 . Cal será a masa do corpo?

O esquema de forzas quedaría do seguinte xeito:



Dado que ambas forzas actúan no mesmo eixo, podemos considerar que en lugar de actuar dúas forzas, actúa a suma de ambas forzas, e dado que unha vai cara a dereita e outra cara a esquerda, a suma vectorial quedará como: $20 - 8 = 12 \text{ N}$

O esquema anterior sería absolutamente idéntico ao seguinte:



Dado que a suma de forzas dá como resultado un vector cara a dereita, a aceleración que leva o corpo tamén irá cara a dereita. Para obter a masa, aplicamos a 2ª lei novamente:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Substituímos,

$$12 = m \cdot 2$$

e despexando,

$$m = \frac{12}{2} = 6 \text{ kg}$$

A masa do corpo será de 6 kg.

3.1 O peso

O peso é unha forza dirixida cara abaixo (realmente, o sentido da forza é cara o centro da Terra) que é proporcional a masa do corpo. O peso é a forza gravitacional que exerce o planeta Terra sobre nós ao atoparnos na superficie do planeta.

A fórmula matemática non é máis que unha aplicación da segunda lei:

$$F = m \cdot a$$

se ben, para o peso empregamos a letra P en lugar de F , e a aceleración da gravidade que representamos por g . Obtendo a seguinte fórmula:

$$P = m \cdot g$$

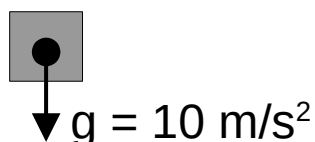
onde P representa a forza coñecida como peso, m a masa do corpo e g a aceleración da gravidade na superficie terrestre que é aproximadamente de $9,81 \text{ m/s}^2$

De cara a resolución dos exercicios empregaremos 10 m/s^2 en lugar de $9,81 \text{ m/s}^2$ para facilitar os cálculos.

Exemplo 1

Cal será o peso dunha persoa de 80 kg onde a gravidade é de 10 m/s^2 ?

Primeiro faremos un esquema onde incluiremos o vector gravidade. Sabendo que a gravidade vai cara abaixo, o peso tamén irá no mesmo sentido.



Agora substituímos na fórmula,

$$P = m \cdot g$$

$$P = 80 \cdot 10 = 800 \text{ N}$$

Calquera masa de 80 kg situada na superficie terrestre experimentará unha forza dirixida cara abaixo de 800 N.

Exemplo 2

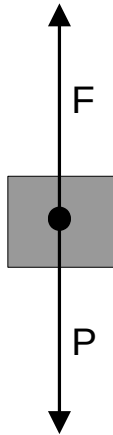
Que forza debemos realizar para levantar cunha aceleración de $0,25 \text{ m/s}^2$ unha masa de 20 kg?

Neste caso hai dúas formas implicadas, unha cara arriba que será a responsable de levantar ao corpo e outra que será o peso que irá dirixida cara abaixo. O peso da masa será o seguinte:

$$P = m \cdot g$$

$$P = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N}$$

Unha vez coñecido o peso imos a facer un esquema onde aparezan as dúas forzas involucradas.



Agora, podemos escribir que a suma de forzas que actúan sobre o corpo é,

$$\sum F = F - P$$

onde F será a forza que aplicamos nós para levantar o corpo e P é o peso do propio corpo. Poderíamos pensar en escribir $P - F$ en lugar de $F - P$, pero é recomendable facer coincidir as forzas positivas co sentido da aceleración que experimenta o corpo.

Dito doutro xeito, se o corpo vai a ser acelerado cara arriba, é recomendable considerar que as forzas que empuxen o corpo cara arriba son positivas e as forzas que tiren del cara abaixo son negativas.

Dado que o corpo de 20 kg experimenta unha aceleración cara arriba de $0,25 \text{ m/s}^2$, teremos que,

$$\sum F = m \cdot a = 20 \cdot 0,25 = 5 \text{ N}$$

A forza neta, ou forza total é de 5 N. Combinando ambas ecuacións temos que:

$$F - P = 5$$

E como o peso é de 200 N. Temos,

$$F - 200 = 5$$

$$F = 5 + 200 = 205 \text{ N}$$

Debemos realizar unha forza de 205 N para poder elevar unha masa de 20 kg cunha aceleración de $0,25 \text{ m/s}^2$.

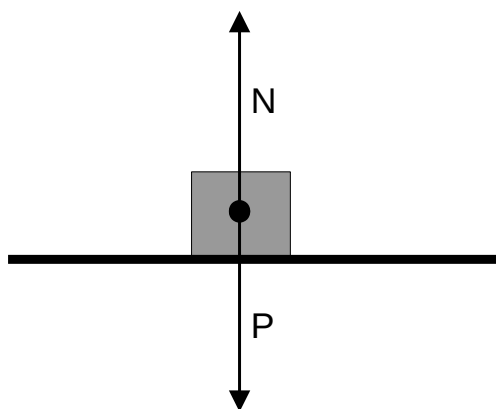
3.2 A normal

A forza normal é a forza que realiza unha superficie sobre un corpo apoiado nela. Esta forza é de igual magnitude pero de sentido contrario á forza que o corpo exerce sobre a superficie. A forza normal, sempre será perpendicular con respecto á superficie.

Dito doutro xeito, a forza normal é a responsable de que un corpo poida permanecer apoiado sen moverse. Soamente debemos considerar esta forza cando un corpo estea apoiado sobre algo.

Exemplo 1

Un libro de 500 g atópase sobre unha mesa. Cal é a forza normal?



Primeiro construímos un diagrama das forzas que están a actuar sobre o libro.

Neste caso, teremos o peso (xa que o libro ten masa) e, dado que está sobre unha mesa, existirá unha forza normal en sentido oposto ao peso.

Dado que o libro está quieto, sabemos que non posúe ningún tipo de aceleración. Nesta situación diremos que o libro atópase en equilibrio, e polo tanto, a suma das forzas debe ser 0. Dito doutra forma, se ben o peso tirará do libro cara abaixo, a forza normal tirará cara arriba coa mesma magnitude. Matematicamente, temos que por estar en equilibrio,

$$\sum \vec{F} = m \cdot a = 0$$

Ademais, sabemos que actúan 2 forzas. E dado que teñen sentidos opostos, tamén deben ter signos opostos.

$$\sum F = P - N$$

Igualando ambas expresións chegamos a que,

$$P - N = 0$$

O cal permite deducir que,

$$P = N$$



A forza normal que exerce a mesa sobre o libro é exactamente igual ao peso do propio libro. Dado que o peso pode obterse mediante,

$$P=m \cdot g$$

Teremos,

$$P=0,5 \cdot 10=5 \text{ N}$$

A normal será,

$$N=5 \text{ N}$$

A normal será de 5 N. É importante diferenciar entre N (newton) como unidade para medir forzas onde sempre virá acompañado dun valor numérico (8 N, 0,25 N,...), e N (forza normal) como un tipo de forza.

3.3 A forza de rozamento

A forza de rozamento(ou fricción) é un tipo de forza que xorde ao ter dúas superficies en contacto e se opón ao movemento. Esta forza explica porque un balón sobre unha superficie chá acabará por deterse nalgún momento, ou porque un obxecto pode permanecer sobre unha pendente sen deslizarse e caer.

Existen dúas claves á hora de traballar coa forza de rozamento:

1. A forza de rozamento sempre estará dirixida en sentido oposto ao movemento (velocidade).

É dicir, se algo está a moverse cara a dereita a forza de rozamento actuará cara a esquerda. Podemos interpretar que o obxectivo da forza de rozamento sempre é frear á masa. Se por algún motivo, ese mesmo corpo comezara a moverse cara a esquerda, entón a forza de rozamento actuará cara a dereita.

2. A forza de rozamento nunca pode ser a causante do movemento.

A forza de rozamento pode obterse matematicamente como:

$$F_{ROZ}=\mu \cdot N$$

onde F_{ROZ} é a forza de rozamento expresada en N (Newton), μ é o coeficiente de rozamento que non ten unidades e N é a forza normal expresada en N (Newton).

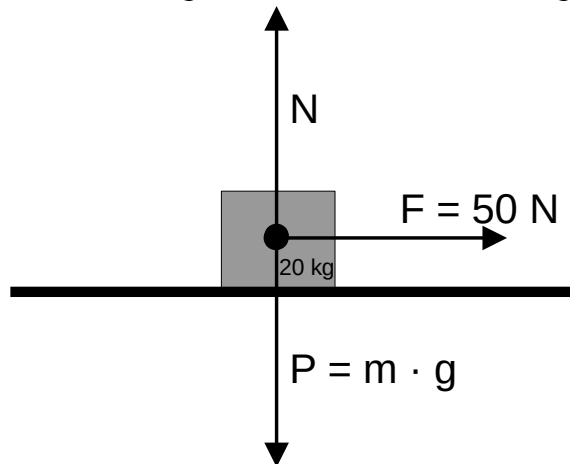
Para traballar coa forza de rozamento imos a considerar un exercicio onde se inclúan todas as forzas vistas.

Exemplo 1

Sobre unha masa de 20 kg apoiada sobre unha superficie se realiza unha forza cara a dereita de 50 N. Considerando o valor da gravidade como 10 m/s² Determina:

- a) A aceleración que adquire se non hai rozamento
- b) A aceleración que adquire se hai un coeficiente de rozamento de 0,2
- c) O valor que debe ter o coeficiente de rozamento para que non se mova.

a) Nesta primeira situación o diagrama de forzas será o seguinte,



Existirán 3 forzas actuando sobre a masa: o peso P (polo feito de ter masa), a normal N (polo feito de estar sobre unha superficie) e unha forza F cara a dereita.

Se consideramos o eixo y, cabe esperar que non exista ningunha aceleración (xa que a masa non vai afundir na terra nin comezará a voar), teremos que:

$$\sum F_y = 0$$

Agora ben, no eixo y, actúan 2 forzas, e polo tanto, podemos escribir tamén:

$$\sum F_y = N - P$$

Onde N é a normal e P o peso.

Combinando ambas ecuacións teremos que:

$$0 = N - P$$

E polo tanto:

$$N = P = m \cdot g$$

No eixo x, é posible que exista unha aceleración, e polo tanto, podemos escribir:

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

Ademais, no eixo x, solo actúa a forza de 5 N, polo que:

$$\sum F_x = 50$$

Igualando ambas expresións, chegamos a que:

$$m \cdot a_x = 50$$

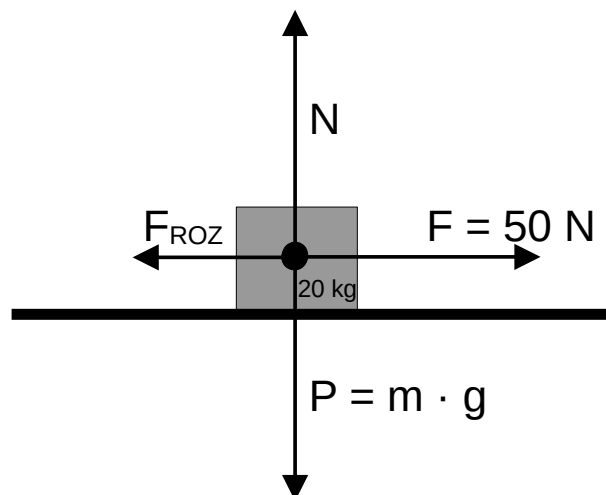
E substituíndo m polo seu valor:

$$20 \cdot a_x = 50$$

$$a_x = \frac{50}{20} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

A masa obtén unha aceleración de $2,5 \text{ m/s}^2$ cara a dereita mentres actúe a forza de 50 N

b) Ao considerar o rozamento, cabe esperar que a masa acade unha aceleración menor que no apartado a. O diagrama de forzas incorporará a forza de rozamento.



A análise de forzas no eixo y non varía xa que a forza de rozamento actúa sobre o eixo no que cabe esperar movemento, neste caso, o eixo x. Polo tanto, no eixo y teremos:

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = N - P$$

Combinando ambas:

$$0 = N - P$$

$$N = P = m \cdot g$$

No eixo x, é posible que exista aceleración, polo tanto:

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

Neste caso, sen embargo, temos unha forza de 5 N e outra que se opón ao movemento, que será a forza de rozamento. De forma que:

$$\sum F_x = 50 - F_{ROZ}$$

Combinando ambas:

$$m \cdot a_x = 50 - F_{ROZ}$$

E substituíndo:

$$m \cdot a_x = 50 - \mu \cdot N$$

E dado que N é igual ao peso ($m \cdot g$):

$$m \cdot a_x = 50 - \mu \cdot m \cdot g$$

Agora podemos substituír e resolver:

$$20 \cdot a_x = 50 - 0,2 \cdot 20 \cdot 10$$

$$20 \cdot a_x = 50 - 40$$

$$20 \cdot a_x = 10$$

$$a_x = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Ao considerar rozamento, a aceleración pasa de ser 2,5 m/s² a 0,5 m/s²

c) Neste suposto, o esquema de forzas é o mesmo que no apartado anterior, pero debemos decidir nós cal debe ser o valor mínimo do coeficiente de rozamento para que a masa non se mova.

O requisito para que non se mova é que o sumatorio de forzas que actúan no eixo x sexa 0. É dicir:

$$\sum F_x = 0$$

Isto non quererá dicir que non existan forzas neste eixo, senón que a forza que tira cara a dereita debe ser igual a forza que tira para a esquerda. No noso caso:

$$\sum F_x = 50 - F_{ROZ}$$

E combinando ambas:

$$0 = 50 - F_{ROZ}$$

$$F_{ROZ} = 50 \text{ N}$$

A forza de rozamento que impide que a masa se mova debe ser de 50 N.



O resultado debería ter sentido lóxico, xa que, se se aplica unha forza de 50 N cara a dereita pero a masa non se move (non é acelerada), entón debe existir algunha forza cara a esquerda de 50 N, neste caso, esta forza é o rozamento.

Dado que se nos pide determinar o coeficiente do rozamento, temos que ir un pouco máis aló e considerar que a forza de rozamento pode expresarse como:

$$F_{ROZ} = \mu \cdot N$$

E sabemos, pola análise realizada no apartado a, que a forza normal é igual ao peso. Neste caso:

$$F_{ROZ} = \mu \cdot P$$

E polo tanto, dado que o peso é:

$$P = m \cdot g$$

Teremos que:

$$F_{ROZ} = \mu \cdot m \cdot g$$

Sabendo que a forza de rozamento é de 50 N, teremos que ao substituír:

$$50 = \mu \cdot 20 \cdot 10$$

$$\mu = \frac{50}{200} = 0,25$$

O coeficiente de rozamento debe ser de 0,25 ou maior se queremos que a masa non se mova ao aplicar sobre ela unha forza cara a dereita de 50 N.



EXERCICIOS

Exercicio 1

Determina o peso dunha masa de 20 kg.

Exercicio 2

Determina o valor da forza normal que se exerce sobre unha masa de 20 kg apoiada sobre unha superficie.

Exercicio 3

A unha masa de 20 kg situada sobre o chan se lle aplica unha forza cara a dereita de 100 N. Determina:

- a) A aceleración que adquire se non hai rozamento.
- b) A aceleración que adquire se existe un coeficiente de rozamento de 0,2 entre o chan e o corpo.

Exercicio 4

Determina a aceleración coa que cae unha pedra de 5 kg se lle aplicamos unha forza cara arriba de 40 N.

Exercicio 5

Unha masa de 2 kg é acelerada cara a dereita cunha aceleración de 5 m/s^2 ao aplicar unha forza. Determina o valor desta forza se:

- a) Non hai rozamento.
- b) Existe un coeficiente de rozamento de 0,6.



SOLUCIÓNS

Exercicio 1

$$P = m \cdot g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N}$$

Exercicio 2

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_y = N - P$$

E polo tanto,

$$N - P = 0$$

$$N = P$$

O peso calcúlase como,

$$P = m \cdot g = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N}$$

E como o peso é igual á normal, o valor da normal será de 200 N.

Exercicio 3

a) Considerando que o movemento sucede no eixo x.

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

$$\sum F_x = 100 \text{ N}$$

Combinando ambas e substituíndo,

$$20 \cdot a_x = 100$$

$$a_x = \frac{100}{20} = 5 \text{ m/s}^2$$

b) Deducimos que a forza normal é de 200 N. E no eixo x, teremos que,

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

$$\sum F_x = 100 - F_{ROZ}$$

Combinando ambas,

$$m \cdot a_x = 100 - F_{ROZ}$$

E substituíndo,

$$20 \cdot a_x = 100 - 0,2 \cdot 200$$

$$20 \cdot a_x = 60$$

$$a_x = \frac{60}{20} = 3 \text{ m/s}^2$$

Exercicio 4

Temos, $\sum F_y = m \cdot a_y$

e tamén, $\sum F_y = 40 - P$

combinando ambas,

$$m \cdot a_y = 40 - P$$

e substituíndo,

$$5 \cdot a_y = 40 - 5 \cdot 10$$

$$5 \cdot a_y = -10$$

$$a_y = \frac{-10}{5} = -2 \text{ m/s}^2$$

Dado que a aceleración ten un signo negativo, ao igual que o peso, a masa terá unha aceleración cara abaixo (no mesmo sentido que o peso).

Exercicio 5

a) $\sum F_x = m \cdot a_x$

$$\sum F_x = F$$

Combinando ambas,

$$F = m \cdot a_x$$

$$F = 2 \cdot 5 = 10 \text{ N}$$

b) Se hai rozamento, debemos deducir a normal que ten un valor de 20 N. No eixo x, quedará,

$$\sum F_x = m \cdot a_x$$

$$\sum F_x = F - F_{ROZ}$$

combinando ambas,

$$m \cdot a_x = F - F_{ROZ}$$

$$m \cdot a_x = F - \mu \cdot N$$

e substituíndo,

$$2 \cdot 5 = F - 0,6 \cdot 20$$

$$10 = F - 12$$

$$F = 10 + 12 = 22 \text{ N}$$

A forza pasa a ser 22 N, maior que no apartado a (10 N) ao existir un rozamento.