

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Force

Une force est le résultat de l'interaction de au moins deux objets physiques.

Exemple

La terre agit avec le corps humain en exerçant la *force gravitationnelle*. La base sensorielle de la notion est donnée par la sensation de contraction musculaire.

Exemple

La table agit avec le livre en exerçant la *tension superficielle*.

Exemple

Un fer magnétisé agit sur la limaille de fer en exerçant la *force électro-magnétique*.

Forces translationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Comment mesurer une force?

- ▶ Dans les exemples précédents, les phénomènes que nous observons sont une conséquence de l'action des forces qui agissent sur les objets du système.
- ▶ Par conséquent, **nous observons les conséquences des actions des forces, pas les forces elles-mêmes.**
- ▶ Pour mesurer une force, nous devons la relier aux objets avec lesquels elle interagit au moyen d'expressions mathématiques qui relient la force F à d'autres variables physiques. Comme exemples, nous pouvons citer l'expression

$$F = m a \text{ (loi de Newton),}$$

où m représente la masse des objets intermédiaires et a leur accélération ou

$$F = k x \text{ (Loi de Hooke),}$$

où k représente la constante de déformation élastique et x le déplacement.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Propriétés

- ▶ *Il n'y a pas de forces isolées, au moins deux objets physiques sont nécessaires.*
- ▶ La dimension de la force:

$$[F] = MLT^{-2}.$$

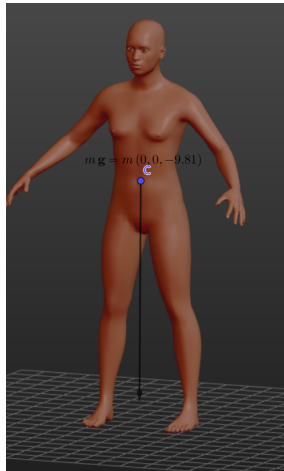
- ▶ L'unité de mesure de la force (S.I.) est le Newton

$$N = kg \times m/s^2$$

- ▶ Puisque l'existence de la force nécessite l'interaction de deux objets physiques, nous avons non seulement besoin d'un *chiffre* pour sa description mais aussi une *direction*.

Exemple

Dans l'interaction du corps humain avec la terre, la direction de la force de gravité il est toujours *perpendiculaire à la surface de la terre*.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Types d'interactions

- ▶ Les actions à distance.
- ▶ Les actions de contact.

Interactions élémentaires

L'ensemble des interactions de la matière s'explique par uniquement quatre types de forces:

- ▶ l'interaction gravitationnelle.
- ▶ l'interaction électromagnétique.
- ▶ l'interaction forte.
- ▶ l'interaction faible.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Interaction gravitationnelle.

- ▶ La gravitation est le phénomène d'interaction physique qui cause l'attraction réciproque des corps massifs entre eux, sous l'effet de leur masse.
- ▶ Il s'observe au quotidien en raison de l'attraction terrestre qui nous retient au sol.
- ▶ La gravité est responsable de plusieurs manifestations naturelles : les marées, l'orbite des planètes autour du Soleil, la sphéricité de la plupart des corps célestes en sont quelques exemples.
- ▶ D'une manière plus générale, la structure à grande échelle de l'Univers est déterminée par la gravitation.

Propriétés

1. elle est dominante pour les grandes structures de l'Univers car elle est toujours attractive et ne peut pas être neutralisée comme les forces électromagnétiques ;
2. rayon d'action illimité ;
3. la plus faible de toutes les interactions, 1038 fois plus faible que l'interaction nucléaire forte (c'est-à-dire cent milliards de milliards de milliards de milliards de fois plus faible) ;
4. le vecteur de la gravité est encore inconnu à ce jour. Cependant certaines hypothèses émettent l'idée qu'une particule en serait à l'origine: *le graviton*.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Interaction électromagnétique

- ▶ Il est responsable de la plupart des phénomènes quotidiens : lumière, électricité et magnétisme, chimie... Par exemple, elle retient les décorations aimantées sur les parois verticales de votre réfrigérateur ;
- ▶ en principe, rayon d'action illimité. Mais en pratique, les charges positives et négatives tendent à se neutraliser ;
- ▶ peut être attractive ou répulsive selon le signe des charges électriques ; cela vaut aussi pour les pôles dits Nord et Sud d'un aimant ;
- ▶ cent fois moins forte que l'interaction forte ;
- ▶ transportée par le photon.

Interaction nucléaire faible

- ▶ Il es responsable d'un des types de radioactivité, la radioactivité bêta, elle joue aussi un rôle important dans la fusion nucléaire (comme au centre du Soleil);
- ▶ rayon d'action très court, 10^{-17} m;
- ▶ 105 fois moins puissante que la force nucléaire forte;
- ▶ transportée par les bosons lourds.

Interaction nucléaire forte

- ▶ Elle est responsable de la cohésion de tous les hadrons (baryons et mésons), c'est-à-dire toutes les particules composées de quarks;
- ▶ elle est responsable, indirectement, de la cohésion des noyaux atomiques ;
- ▶ rayon d'action seulement 2.5×10^{-15} m (0.000 000 000 000 0025 m), car la charge de couleur n'apparaît pas "nue" à des distances plus grandes;
- ▶ la plus puissante de toutes les interactions connues ;
- ▶ transportée par les gluons.

Les actions de contact

Le mouvement relatif général de deux surfaces en contact peut être considéré comme résultant de la combinaison de trois mouvements élémentaires: *le glissement, le pivotement et le roulement*. Ces trois mouvements sont empêchés ou freinés par **l'adhérence et/ou le frottement**.

- ▶ **L'adhérence:** À courte distance, les atomes exercent entre eux une attraction, la force de van der Waals. Cette force s'oppose au mouvement relatif des surfaces en contact.
- ▶ **Le frottement:** (ou friction) est une interaction qui s'oppose au mouvement relatif entre deux systèmes en contact. Le frottement peut être étudié au même titre que les autres types de force ou de couple. Son action est caractérisée par une norme et une orientation, ce qui en fait un vecteur. L'orientation de la force (ou du couple) de frottement créé sur un corps est opposée au déplacement de ce corps relatif son environnement

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

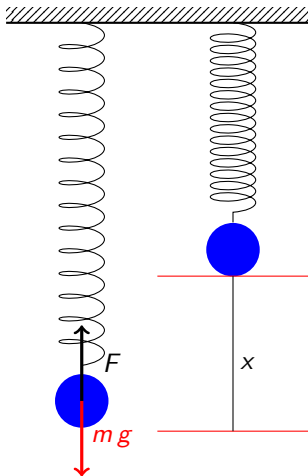
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition (La force élastique)

Les ressorts exercent des forces sur les objets placés à leurs extrémités lorsqu'ils sont étirés ou comprimés. La force qu'exerce un ressort est une force de contact qu'on appelle force élastique



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

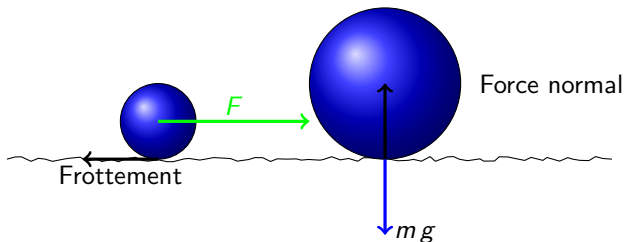
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition (Force normal)

Chaque fois qu'on place un objet sur une surface, celle-ci se comprime et exerce sur l'objet une force perpendiculaire à la surface. Cette force est appelée la force normal et on désigne cette force par **N**.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

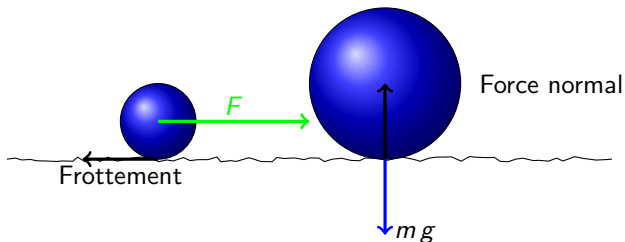
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

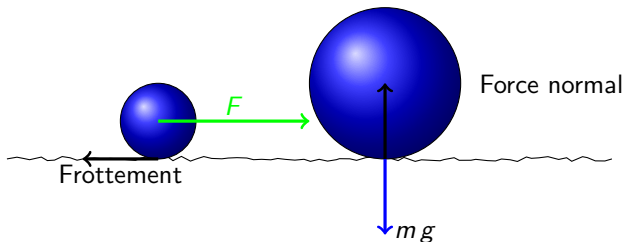
Définition (Force de frottement cinétique)

La force de frottement cinétique \mathbf{f}_c est une force de contact exercée par la surface sur un objet qui glisse. Cette force est toujours parallèle à la surface, et son sens est opposé au sens de la vitesse de l'objet par rapport à la surface.



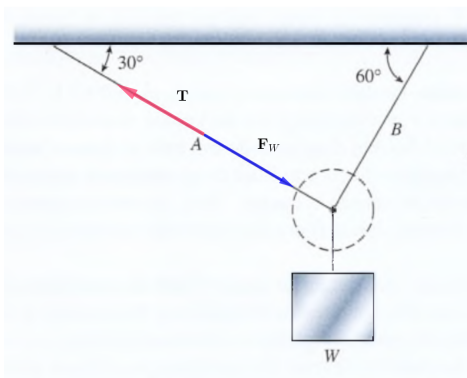
Définition (Force de frottement statique)

Une surface exerce sur un objet une force de frottement statique f_s , parallèle à la surface, pour le garder immobile par rapport à la surface. Cette force est une force de contact.



Définition (Force de tension)

Une corde exerce une force de tension sur les objets attachés à une extrémité. Cette force est une force de contact qui est toujours parallèle à la corde, et il s'agit d'une force de traction. Le module de cette force est appelé la «tension T » dans la corde.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition (Force de compression)

Un objet rigide comprimé exerce une force de compression. Cette force est une force de contact qui est une poussée. Le module de cette force est appelé la «compression C » de l'objet.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition (La poussée d'Archimède)

La poussée d'Archimède est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) et soumis à un champ de gravité. Cette force provient de l'augmentation de la pression du fluide avec la profondeur (effet de la gravité sur le fluide): la pression étant plus forte sur la partie inférieure d'un objet immergé que sur sa partie supérieure, il en résulte une poussée globalement verticale ascendante.

Définition (La traînée)

En mécanique des fluides, la traînée ou trainée est la force qui s'oppose au mouvement d'un corps dans un liquide ou un gaz et agit comme un frottement. Mathématiquement, c'est la composante des efforts exercés sur le corps, dans le sens opposé à la vitesse relative du corps par rapport au fluide.

Le vecteur force

En physique, on modélise une force par un vecteur note par

$$\mathbf{F} = (F_x, F_y, F_z) = \|\mathbf{F}\| \mathbf{F}_u.$$

Un représentant du vecteur force est caractérisé par quatre éléments :

1. La direction \mathbf{F}_u : orientation de la force ;
2. Le sens: vers où la force agit ;
3. La norme (ou intensité) $\|\mathbf{F}\|$: grandeur de la force, elle est mesurée en newtons (N) ;
4. Le point d'application: endroit où la force s'exerce.

Le point d'application I

- ▶ Une force exerce son action en un point appelé point d'application (ou point d'impact).
- ▶ La connaissance de ce point est importante pour déterminer le moment de la force.
- ▶ L'action d'une force peut être transmise aux autres points de l'objet par déformation élastique, par exemple, si l'on pousse une voiture, la force exercée par la paume de la main est transmise au reste du véhicule.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Le point d'application II

- ▶ La notion de point d'application est évidente dans le cas d'une cause « ponctuelle » : si l'on pousse un objet à la main, le point d'application est le point de contact entre l'objet et la main, et si on le tire avec une corde, c'est le point d'attache de la corde. Cependant, à y regarder de plus près, la paume de la main fait une certaine surface, et la corde a une section non nulle.
- ▶ La force s'exerce donc sur une surface, et non pas en un point. Le point d'application est en fait le barycentre de la surface, en supposant que la force est répartie uniformément sur la surface ; sinon, cela se ramène à un problème de pression.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Le point d'application III

- ▶ La notion peut s'étendre au cas où la surface de contact est importante, comme dans le cas de la réaction d'un support sur lequel est posé un objet, ou bien la poussée d'Archimède.
- ▶ On l'étend également au cas des forces volumiques, c'est-à-dire des forces à distance qui s'exercent en chaque point de l'objet, comme le poids ou l'attraction électrostatique ; le point d'application est alors aussi un barycentre (le centre d'inertie de l'objet dans le cas du poids).

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

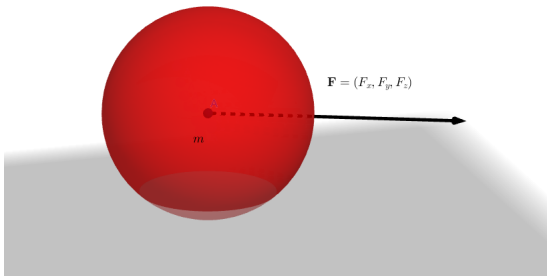
Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton



On suppose que le point d'action de la force est le barycentre de la sphère.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

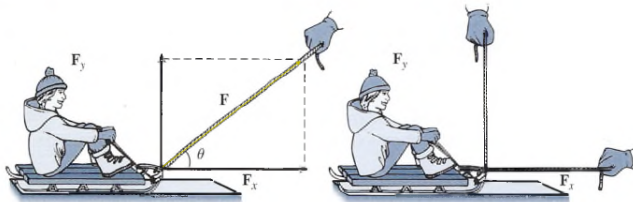
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Considérez la force utilisée par une personne déplaçant un traîneau dans la neige à l'aide d'une corde attachée:



Problème

Comment quantifier cette force?

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

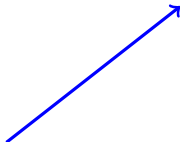
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Force



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

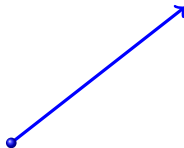
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Point d'application de la force



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

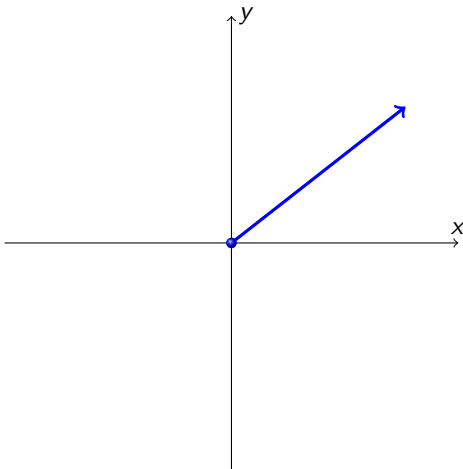
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Axes de coordonnées



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

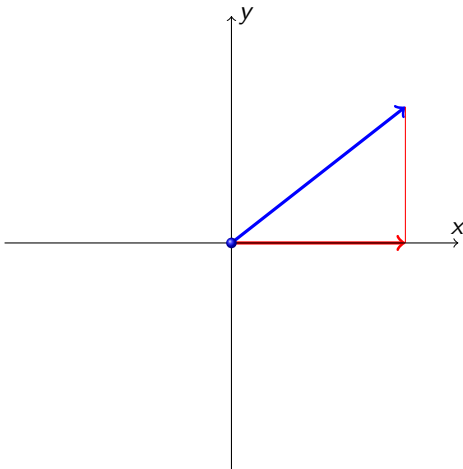
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Coordonnée horizontale



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

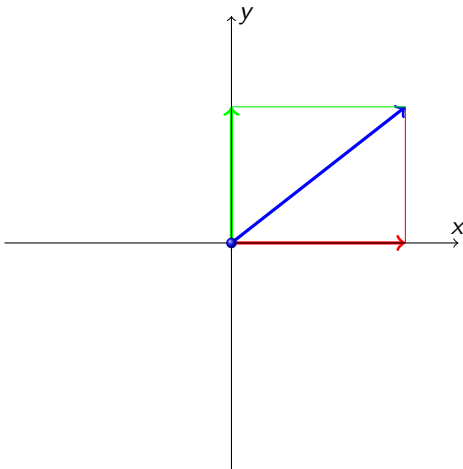
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Coordonnée verticale



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

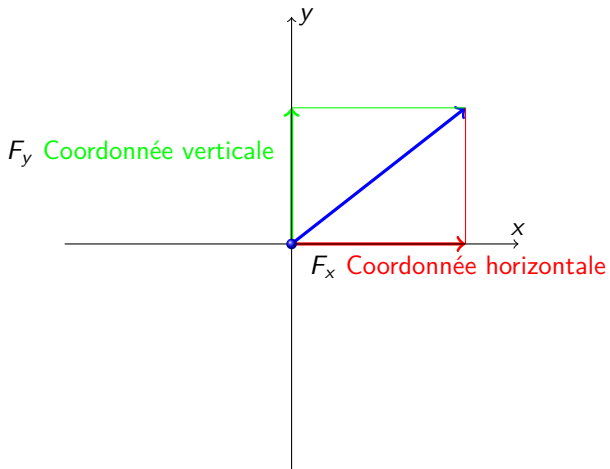
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Coordonnées



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

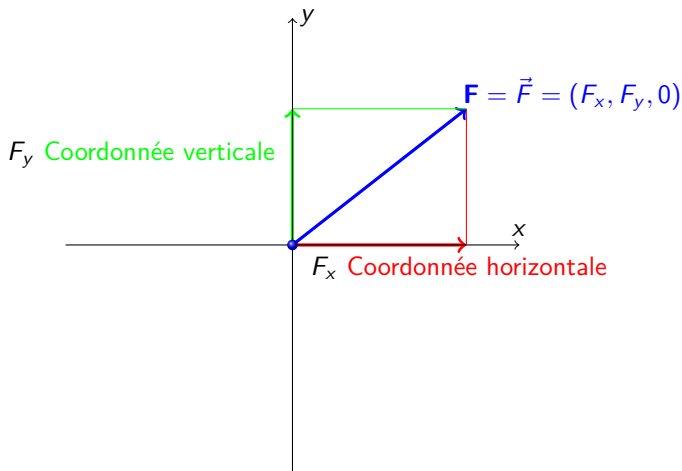
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Le vecteur force 2D



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

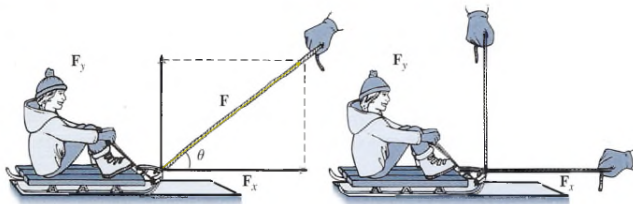
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème

On connaît la force exercé sur le traîneau est égal à $F = \|\mathbf{F}\|$ N avec un angle de θ degrés par rapport à l'horizontale. Trouvez les valeurs des forces horizontales F_x et F_y .



$$\mathbf{F} = (F_x, F_y, 0) = (F \cos \theta, F \sin \theta, 0) = F (\cos \theta, \sin \theta, 0)$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

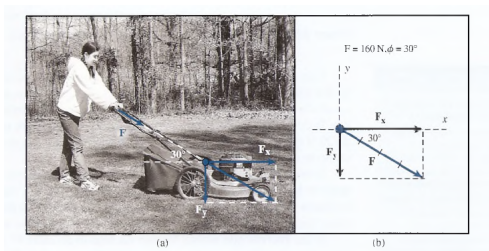
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème

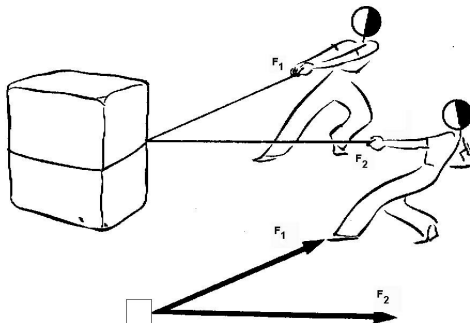
Une tondeuse à gazon est poussée vers le bas par la poignée avec une force de 160 N, à un angle de 30 degrés par rapport à l'horizontale. Trouvez la force horizontale.



Réponse: $F = \|\mathbf{F}\| = 160 \text{ N}$ et alors
 $F_x = \|\mathbf{F}\| \cos \theta = 160 \cos 30^\circ = 138.56445 \text{ N}.$

Force résultante

- Lorsque deux ou plusieurs forces agissent sur le même point, l'effet produit pour la somme vectorielle de s'appelle *force résultante*.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

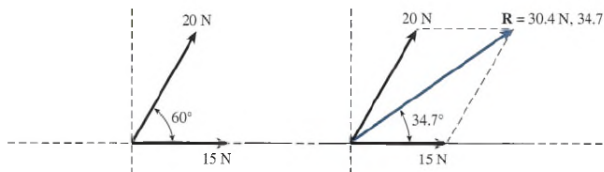
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Trouvez la force résultante:



$$\mathbf{F}_1 = (20 \cos 60^\circ, 20 \sin 60^\circ, 0) \text{ N} = (10.0, 17.32056, 0) \text{ N}$$

$$\mathbf{F}_2 = (15, 0, 0) \text{ N},$$

la force résultante

$$\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = (10.0 + 15, 17.32056 + 0, 0) \text{ N} = (25.0, 17.32056, 0) \text{ N},$$

$$\text{d'où } \|\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2\| = \sqrt{25^2 + (17.32056)^2} \text{ N} = 30.41384 \text{ N}$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

L'angle d'une force $\mathbf{F} = (F_x, F_y, 0) \neq \mathbf{0}$

Souvenons-nous que $\mathbf{F} = (\|\mathbf{F}\| \cos \alpha, \|\mathbf{F}\| \sin \alpha, 0)$ alors

$$\frac{F_y}{F_x} = \frac{\|\mathbf{F}\| \sin \alpha}{\|\mathbf{F}\| \cos \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha.$$

Exemple

Soit $\mathbf{F} = (25, 17.3205, 0)$ N, pour calculer α :

$$\tan \alpha = \frac{17.3205}{25} = 0.69281, \quad \alpha = \arctan 0.69281 = 34.71458^\circ.$$

La force résultant

Soit un ensemble de forces agissant sur un point: $\mathbf{F}_1 = (F_x^{(1)}, F_y^{(1)}, F_z^{(1)})$, $\mathbf{F}_2 = (F_x^{(2)}, F_y^{(2)}, F_z^{(2)})$, ..., $\mathbf{F}_n = (F_x^{(n)}, F_y^{(n)}, F_z^{(n)})$
la force résultant:

$$\mathbf{R} := \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \cdots + \mathbf{F}_n := \sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = (F_x, F_y, F_z)$$

on la calcule:

$$\text{Axis X: } F_x = F_x^{(1)} + F_x^{(2)} + \cdots + F_x^{(n)} = \sum_{i=1}^n F_x^{(i)},$$

$$\text{Axis Y: } F_y = F_y^{(1)} + F_y^{(2)} + \cdots + F_y^{(n)} = \sum_{i=1}^n F_y^{(i)},$$

$$\text{Axis Z: } F_z = F_z^{(1)} + F_z^{(2)} + \cdots + F_z^{(n)} = \sum_{i=1}^n F_z^{(i)}.$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Soient

$$\mathbf{F}_1 = (1, 3, 0), \mathbf{F}_2 = (7, -1, 0), \mathbf{F}_3 = (-4, 2, 0).$$

Trouvez la force résultant $\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3$.

Solución: La force résultant est $\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 = (F_x, F_y, F_z)$, où

$$\text{Axis X: } F_x = 1 + 7 - 4 = 4$$

$$\text{Axis Y: } F_y = 3 - 1 + 2 = 4$$

$$\text{Axis Z: } F_z = 0 + 0 + 0 = 0$$

Alors $\mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \mathbf{F}_3 = (4, 4, 0)$.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

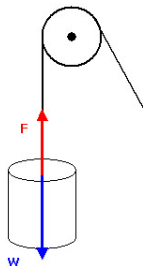
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple



On a deux forces verticales $\mathbf{W} = (0, -W, 0)$ y $\mathbf{F} = (0, F, 0)$ la force résultant est

$$\mathbf{W} + \mathbf{F} = (0, -W + F, 0).$$

Si $-W + F = 0$, c'est-à-dire $F = W$ donc le poids W est égal à la force F et nous verrons l'objet encore.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

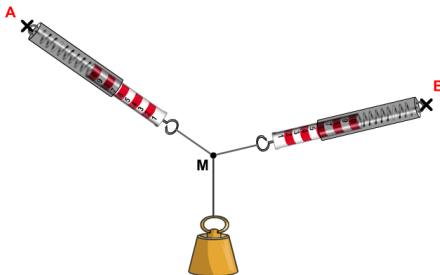
La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

Objectif: Déterminer et décrire les coordonnées des forces agissant au point M . Calculer les coordonnées de la force résultant à M .

La situation physique correspond a une photo d'un système mécanique (le temps est congelé, c'est-à-dire, le temps est supposé fixé a un temps initiale $t = t_0$)



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

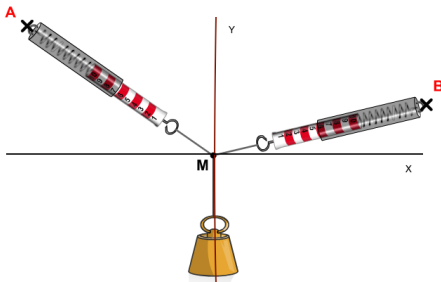
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

(1) Nous plaçons les axes de coordonnées au point M pour établir les forces agissant dans ce point. Pour le moment on va nous oublier de la coordonné Z ($F_z = 0$).



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

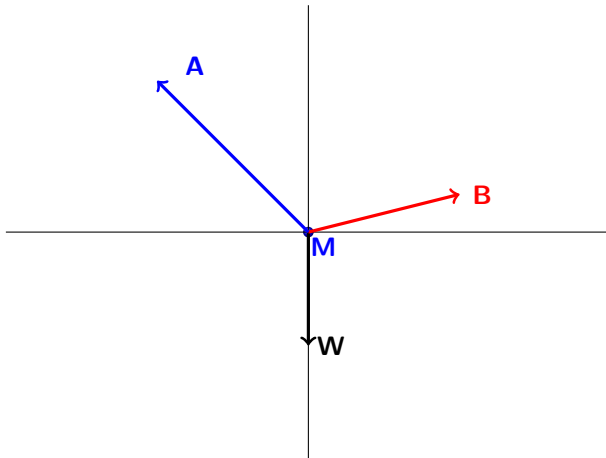
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

(2) Nous construisons un diagramme avec toutes forces agissent sur M .



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

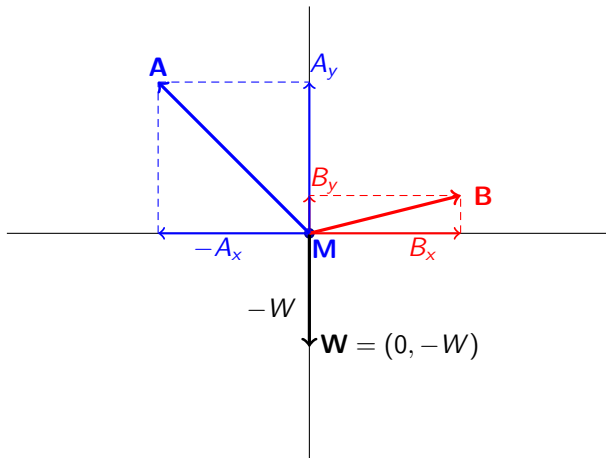
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

(3) En utilisant les axes de coordonnées et en tenant en compte les signes de chacun des quatre quadrants, on décompose toutes forces agissent sur M ,.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

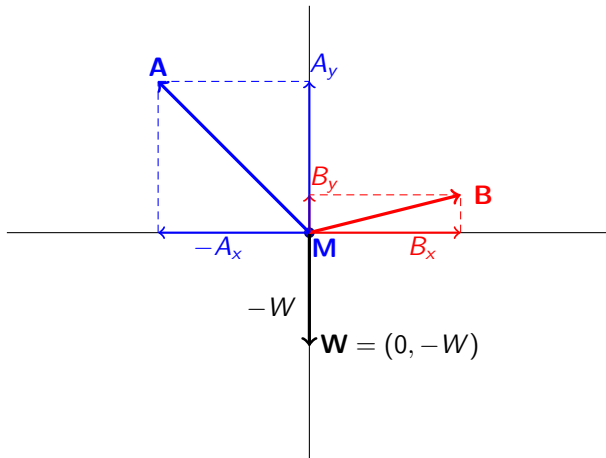
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

(4) On écrit les coordonnées de toutes les forces agissant sur M :
 $\mathbf{W} = (0, -W)$, $\mathbf{A} = (-A_x, A_y)$ y $\mathbf{B} = (B_x, B_y)$.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

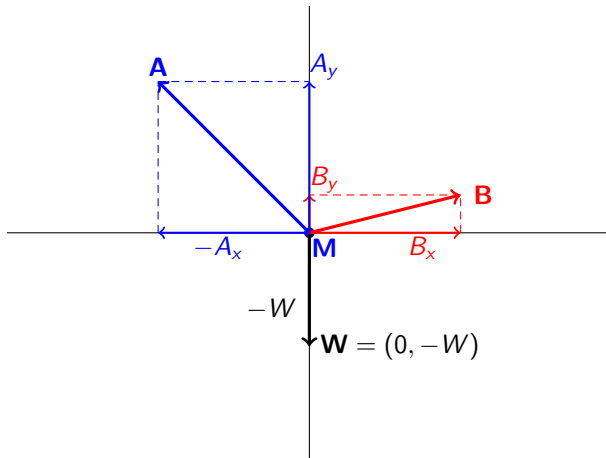
La force de frottement

La troisième loi de Newton

Diagramme des forces

(5) On calcule la force résultant à M :

$$\mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} = (0 - A_x + B_x, -W + A_y + B_y).$$



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Dualité mécanique

En conséquence, à $t = t_0$ on peut nous trouver dans un de les deux situations suivantes:

$$\mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} = (0 - A_x + B_x, -W + A_y + B_y) = \begin{cases} (0, 0) = \mathbf{0}, \\ (F_x, F_y) \neq \mathbf{0}, \end{cases}$$

c'est-à-dire, soit le système est inertiel (statique):

$$0 - A_x + B_x = 0, \quad (1)$$

$$-W + A_y + B_y = 0, \quad (2)$$

où soit le système est non inertiel (dynamique):

$$0 - A_x + B_x = F_x, \quad (3)$$

$$-W + A_y + B_y = F_y. \quad (4)$$

À quelle situation physique correspond chaque système?

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition

La masse d'un objet est la mesure de son inertie, c'est-à-dire la mesure de la résistance d'un objet à toute variation de sa vitesse.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

La deuxième lois de la mécanique newtonienne

Soit X un système physique de masse non nul m . On suppose que dans un temps fixé $t = t_0$ une force extérieure au système $\mathbf{F} = (F_x, F_y, F_z)$ le produit une accélération $\mathbf{a} = (a_x, a_y, a_z)$. Alors, on a

$$\mathbf{F} = m \mathbf{a}.$$

Observe, qu'il est équivalent à

$$F_x = m a_x, F_y = m a_y \text{ et } F_z = m a_z.$$

Pour simplifier on fera l'hypothèse d'une accélération constant. Alors on a deux situations possibles

$$\mathbf{a} = \begin{cases} (a_x, a_y, a_z) = (0, 0, 0) \\ (a_x, a_y, a_z) \neq (0, 0, 0) \end{cases}$$

Première lois de la mécanique newtonienne

Si $a_x = a_y = a_z = 0$ ($\mathbf{F} = \mathbf{0}$) alors on dira que et pour tout $t > t_0$ la vitesse du système de masse $m > 0$ restera constant pour tout temps $t \geq t_0$:

$$\mathbf{v}(t) = (v_x(t_0), v_y(t_0), v_z(t_0)) = \mathbf{v}(t_0)$$

C'est qu'on appelle un **système inertielle**. Observez que si on note la vitesse au temps t comme

$$\mathbf{v}(t) = (v_x(t), v_y(t), v_z(t)),$$

et on utilise la définition de la accélération suivante

$$a_x = \frac{v_x(t) - v_x(t_0)}{(t - t_0)}, \quad a_y = \frac{v_y(t) - v_y(t_0)}{(t - t_0)}, \quad a_z = \frac{v_z(t) - v_z(t_0)}{(t - t_0)}.$$

Alors $a_x = a_y = a_z = 0$ est équivalent à $v_x(t) = v_x(t_0)$, $v_y(t) = v_y(t_0)$ et $v_z(t) = v_z(t_0)$, c'est-à-dire la vitesse reste constant pour tout temps $t \geq t_0$.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Conséquence de la première lois chez la deuxième

Si l'accélération du système est non nul: $\mathbf{a} \neq \mathbf{0}$, on obtient:

1. Si $a_x \neq 0$ alors

$$a_x = \frac{v_x(t) - v_x(t_0)}{(t - t_0)} \Leftrightarrow v_x(t) = v_x(t_0) + a_x (t - t_0).$$

2. Si $a_y \neq 0$ alors

$$a_y = \frac{v_y(t) - v_y(t_0)}{(t - t_0)} \Leftrightarrow v_y(t) = v_y(t_0) + a_y (t - t_0).$$

3. Si $a_z \neq 0$ alors

$$a_z = \frac{v_z(t) - v_z(t_0)}{(t - t_0)} \Leftrightarrow v_z(t) = v_z(t_0) + a_z (t - t_0).$$

En particulier, en utilisant notation vectorielle:

$$\mathbf{v}(t) = \mathbf{v}(t_0) + \mathbf{a} (t - t_0).$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

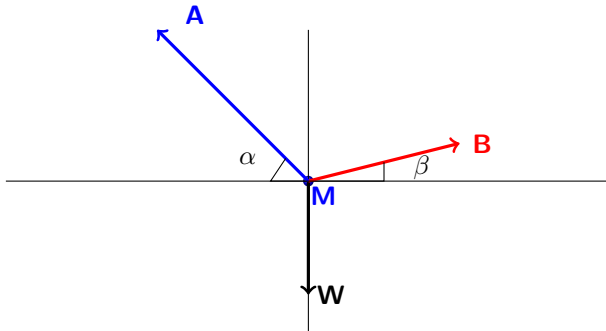
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Déterminer et décrire les coordonnées des forces au point M sachant que le module de la force en \mathbf{A} est $A = 6 \text{ N}$, le module de \mathbf{B} est $B = 5 \text{ N}$ (C'est ce qu'indiquent les dynamomètres) et l'angle $\alpha = 45^\circ$ a été obtenu à l'aide d'un goniomètre. Calculez le module du poids W , en supposant que le système est en repos $v(t_0) = \mathbf{0}$ et l'accélération est nulle $\mathbf{a} = \mathbf{0}$.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

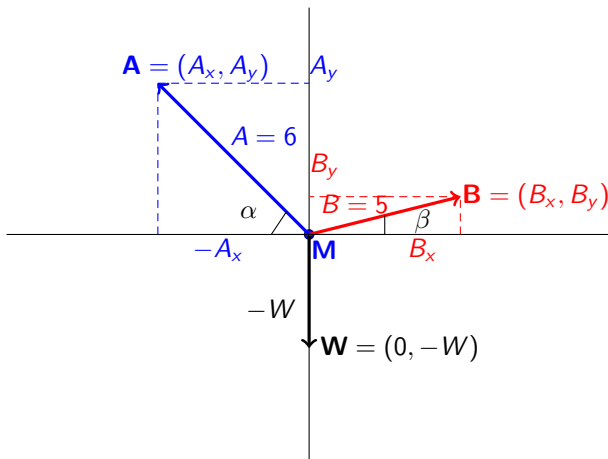
Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton



$$\cos \alpha = \frac{-A_x}{A}, \sin \alpha = \frac{A_y}{A}, \cos \beta = \frac{B_x}{B}, \sin \beta = \frac{B_y}{B}$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Les composantes de les forces sont

$$A_x = -6 \cos 45^\circ, A_y = 6 \sin 45^\circ, B_x = 5 \cos \beta, B_y = 5 \sin \beta.$$

c'est-à-dire:

$$A_x = -4.24265, A_y = 4.24265, B_x = 5 \cos \beta, B_y = 5 \sin \beta.$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Les forces qui concourent à M sont

$$\mathbf{W} = (0, -W) \text{ N},$$

$$\mathbf{A} = (-4.24265, 4.24265) \text{ N},$$

$$\mathbf{B} = (5 \cos \beta, 5 \sin \beta) \text{ N},$$

$$\mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} = (0 - 4.24265 + 5 \cos \beta, -W + 4.24265 + 5 \sin \beta) \text{ N}.$$

Si l'accélération du système est nulle $\mathbf{a} = \mathbf{0}$ alors la force résultante est aussi nulle:

$$\begin{aligned} \mathbf{0} &= (0, 0) = \mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} \\ &= \underbrace{(0 - 4.24265 + 5 \cos \beta)}_{=0}, \underbrace{(-W + 4.24265 + 5 \sin \beta)}_{=0} \end{aligned}$$

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

En conséquence, sous ces hypothèses, le poids W et l'angle β doit de vérifier les équations:

$$0 = -4.24265 + 5 \cos \beta, \quad (5)$$

$$0 = -W + 4.24265 + 5 \sin \beta, \quad (6)$$

Si on utilise (5) on obtient

$$\cos \beta = \frac{4.24265}{5} = 0.84853,$$

et $\beta = \arccos(0.84853) = 31.94783^\circ$. En substituant à (6) la valeur de β , nous avons

$$0 = -W + 4.24265 + 5 \sin(31.94783^\circ) = -W + 4.24265 + 0.52913$$

c'est-à-dire $W = 4.77177 \text{ N}$.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Exemple

Conclusion: Si le système est en repos $v(t_0) = \mathbf{0}$ et l'accélération est nulle $\mathbf{a} = \mathbf{0}$. Si on peut mesurer le module des forces A et B en utilisant un dynamomètre et l'angle α , en utilisant un goniomètre, nous pouvons prédire les valeurs de l'angle β et poids W . Donc le système mécanique restera en repos pour tout temps $t \geq t_0$.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème

Quelle est le comportement de le système mécanique si on change le poids initiale $W = 4.77177 \text{ N}$ par un poids $W = 5 \text{ N}$.

Réponse

On connaît que maintenant

$$\mathbf{W} = (0, -5) \text{ N},$$

$$\mathbf{A} = (-4.24265, 4.24265) \text{ N},$$

$$\mathbf{B} = (5 \cos \beta, 5 \sin \beta) \text{ N},$$

$$\mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} = (0 - 4.24265 + 5 \cos \beta, -5 + 4.24265 + 5 \sin \beta) \text{ N}.$$

avec $\beta = \arccos(0.84853) = 31.94783^\circ$. Alors la force résultant est

$$\mathbf{W} + \mathbf{A} + \mathbf{B} = (0, -5 + 4.24265 + 0.52913) = (0, -0.22823) \text{ N}.$$

Comme $F_y = -0.22823 \neq 0$ il existe une accélération non nulle a_y , et en conséquence le système n'est pas en repos, la vitesse est non nulle.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

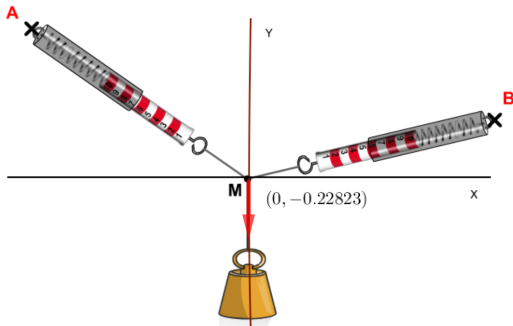
Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton



Pour tout temps $t \geq 0$ le système mécanique (composé par le deux dynamomètre et le poids) va se déplacer par la verticale avec une vitesse non nulle.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Définition

On dira que un ensemble fini des forces agissent au point M :

$$\{\mathbf{F}_1, \dots, \mathbf{F}_n\}$$

se trouve en **équilibre translationnelle** si la force résultant est nulle, c'est-à-dire si

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{F}_i = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \mathbf{0}. \quad (7)$$

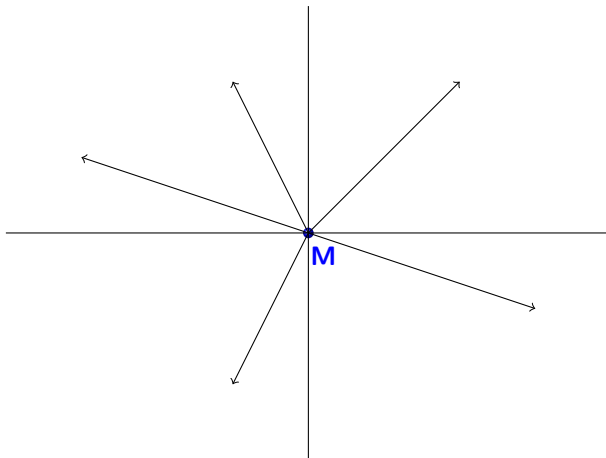
La equation (7) est équivalent à

$$\sum_{i=1}^n F_x^{(i)} = F_x^{(1)} + F_x^{(2)} + \dots + F_x^{(n)} = 0, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n F_y^{(i)} = F_y^{(1)} + F_y^{(2)} + \dots + F_y^{(n)} = 0, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n F_z^{(i)} = F_z^{(1)} + F_z^{(2)} + \dots + F_z^{(n)} = 0. \quad (10)$$

On considère un ensemble de forces agissant dans un point M :



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

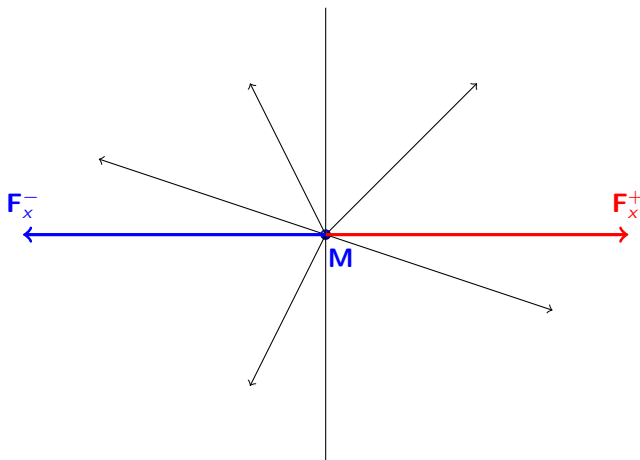
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

On prend la somme de toutes les composantes horizontales positives dans une force noté par $\mathbf{F}_x^+ = (F_x^+, 0)$ où $F_x^+ > 0$, et effectuons la même opération avec toutes les composantes horizontales négatives $\mathbf{F}_x^- = (-F_x^-, 0)$ où $F_x^- > 0$,



En équilibre: $\mathbf{F}_x^- + \mathbf{F}_x^+ = \mathbf{0}$, c'est-à-dire $F_x^+ - F_x^- = 0$.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

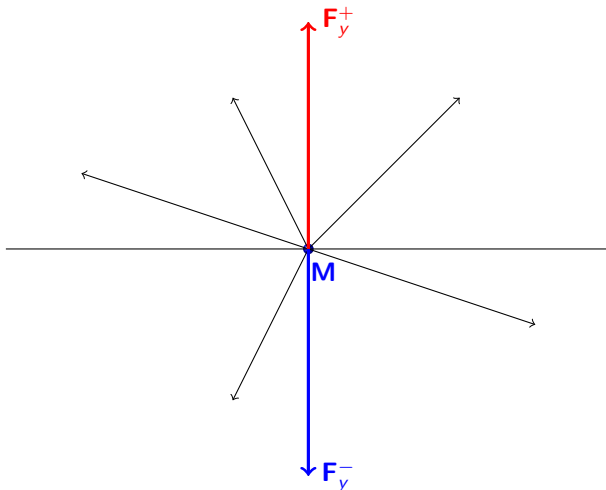
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Si on procède de la même façon avec les composantes verticales:

$\mathbf{F}_y^+ = (0, F_y^+)$ où $F_y^+ > 0$, et $\mathbf{F}_y^- = (0, -F_y^-)$ où $F_y^- > 0$. En équilibre: $\mathbf{F}_y^- + \mathbf{F}_y^+ = \mathbf{0}$, c'est-à-dire $F_y^+ - F_y^- = 0$.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

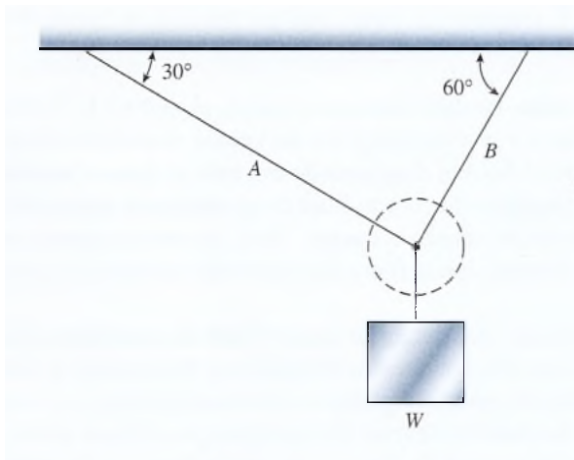
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème

Considère que le système mécanique comme il est montré dans la figure est en équilibre translationnelle et il est en repos. Sachant que $W = 10 \text{ N}$, trouvez les valeurs de les tensions A et B sur les cordes.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

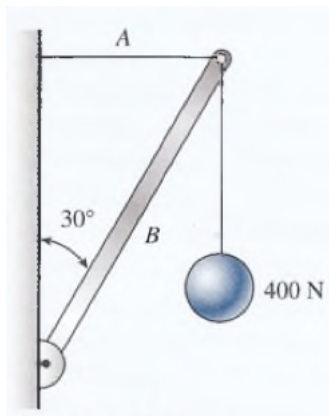
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème

Considère que le système mécanique comme il est montré dans la figure est en équilibre translationnelle et il est en repos. Sachant que $W = 400 \text{ N}$, trouvez la tension A de la corde et la force B effectue par la poutre.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

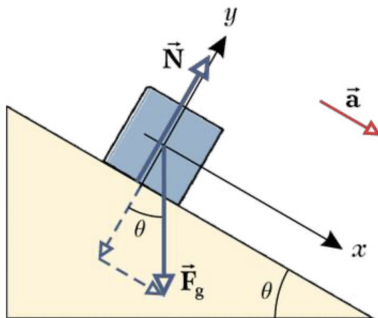
Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Problème (Le plan incliné)

Une boîte de masse m glisse sur une surface sans frottement. Il y a deux forces: la force normale \mathbf{N} exercée par le plan et la force gravitationnelle \mathbf{F}_g orientée vers le centre de la Terre. Trouvez l'accélération a_x parallèle au plan (l'accélération est $\mathbf{a} = (a_x, 0, 0)$).



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

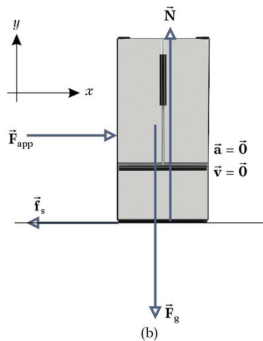
La force de frottement

La troisième loi de Newton



immobile - - - - -

(a)



(b)

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

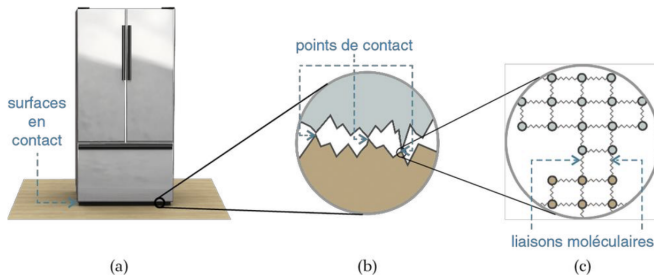
Applications

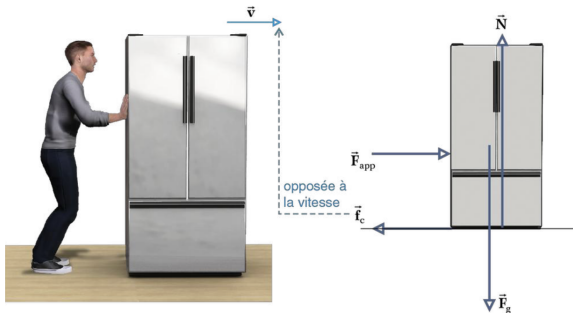
La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton





Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Hypothèse

Le module de la force de frottement est proportionnelle à la force normal \mathbf{N} :

$$f = \mu N,$$

et il y a au moins deux coefficients scalaires μ différentes: le coefficient de frottement statique μ_s et coefficient de frottement cinétique μ_c . Alors, on a la force de frottement statique

$$f_s = \mu_s N,$$

qui est opposé a la force exercé sur l'objet et la force de frottement cinétique

$$f_c = \mu_c N.$$

qui est opposé a la direction de la vitesse constant de l'objet.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Résumé

- ▶ L'objet est immobile par rapport à la surface. La force \mathbf{f}_s est orientée de manière à garder l'objet immobile par rapport à la surface: on utilise la première ou la deuxième loi de Newton pour la calculer.
- ▶ L'objet est sur le point de glisser $f_s = \mu_s N$, et \mathbf{f}_s est orientée de manière à garder l'objet immobile par rapport à la surface.
- ▶ L'objet glisse $f_c = \mu_c N$, et \mathbf{f}_c est opposée à la vitesse de l'objet par rapport à la surface.

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires
Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples
Force résultante
Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton

Les coefficients de frottement typiques pour différentes surfaces. Ces valeurs sont approximatives et ne sont données qu'à titre indicatif.

Surfaces	μ_s	μ_c
Acier sur acier (non lubrifié)	0,8	0,6
Acier sur acier (lubrifié)	0,10	0,05
Bois sur bois	0,25-0,50	0,2
Caoutchouc sur béton sec	1,0	0,8
Caoutchouc sur béton mouillé	0,7	0,5
Glace sur glace	0,1	0,03

Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

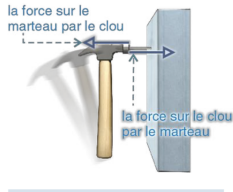
La troisième loi de Newton

La troisième loi de Newton

L'action est toujours égale et opposée à la réaction: c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales, et dans des sens contraires.

Idée intuitif

Les forces viennent toujours par paires,



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

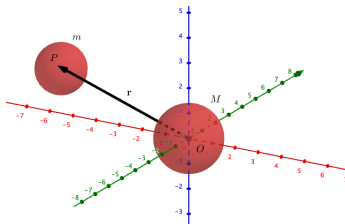
La troisième loi de Newton

La loi universelle de la gravitation

La loi universelle de la gravitation, mise en évidence par Newton en 1687, exprime la force exercée par un corps ponctuel de masse M placé en un point choisi pour origine sur un autre corps de masse m placé au point P tel que le vecteur position entre le deux masses est $\mathbf{r} = \|\mathbf{r}\| \mathbf{r}_u$ et la force d'attraction

$$\mathbf{F}_{M \rightarrow m} = -G \frac{M m}{\|\mathbf{r}\|^2} \mathbf{r}_u = -\mathbf{F}_{m \rightarrow M}.$$

où $G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ est la constante gravitationnelle.



Forces traslationnelles

Antonio Falcó

Forces

Les forces dans la nature

Interactions élémentaires

Les actions de contact

Le vecteur force

Exemples

Force résultante

Applications

La première et deuxième lois de Newton

Équilibre translationnelle

La force de frottement

La troisième loi de Newton