

FORCES (ET FROTTEMENT)

PGC-02

LES TROIS LOIS DE NEWTON

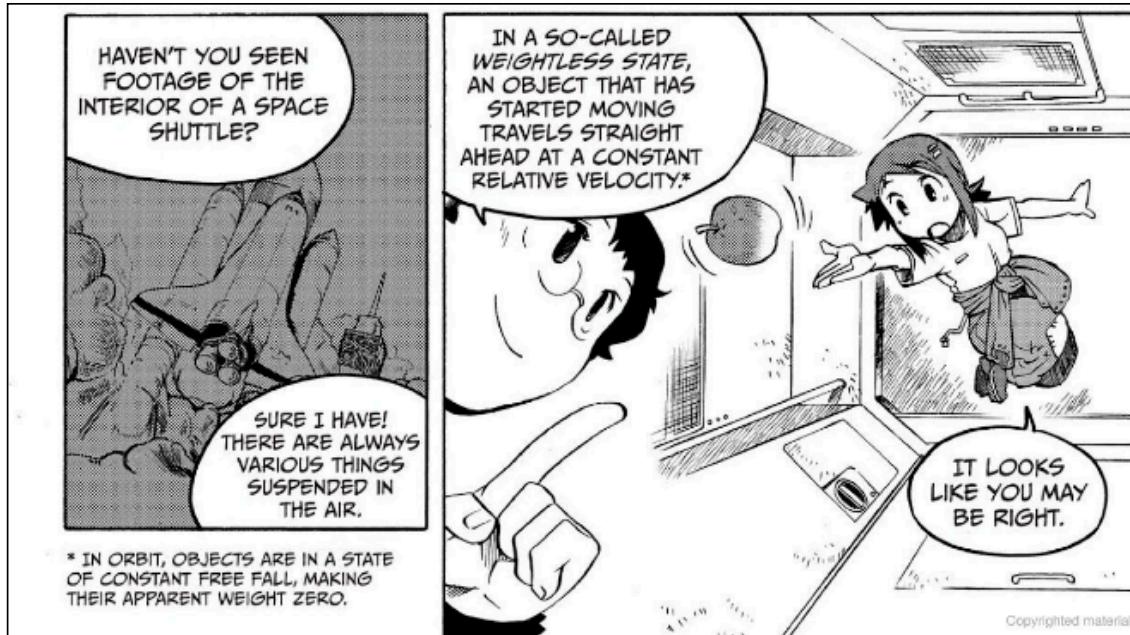
1. La loi d'inertie $\Sigma \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{v} : \text{constante}$

2. $\vec{F} = m\vec{a}$

3. Action-Réaction

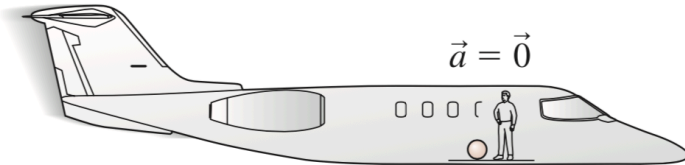


LOI D'INERTIE



LOI D'INERTIE

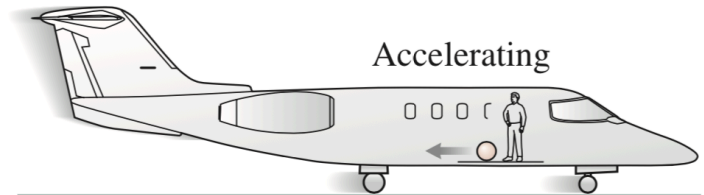
(a)



The ball stays in place.

A ball with no horizontal forces stays at rest in an airplane cruising at constant velocity. The airplane is an inertial reference frame.

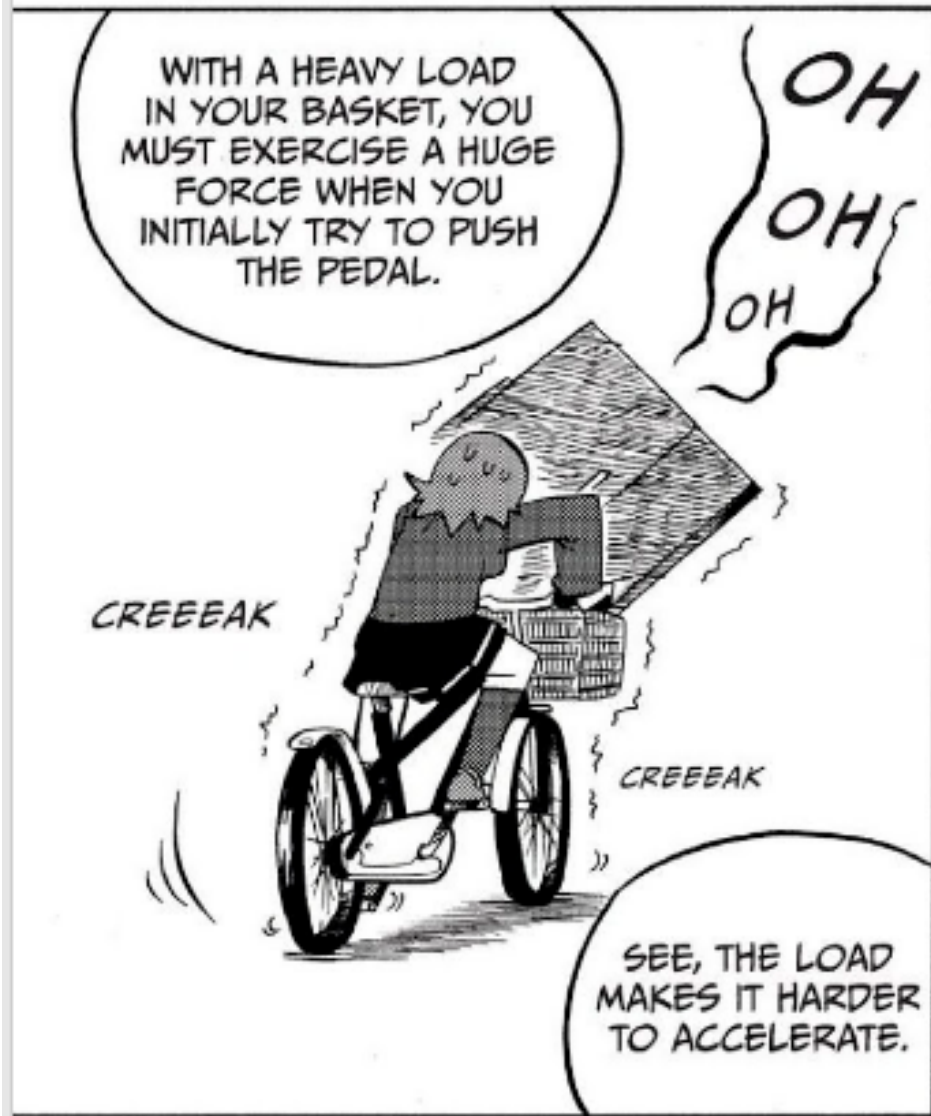
(b)



The ball rolls to the back.

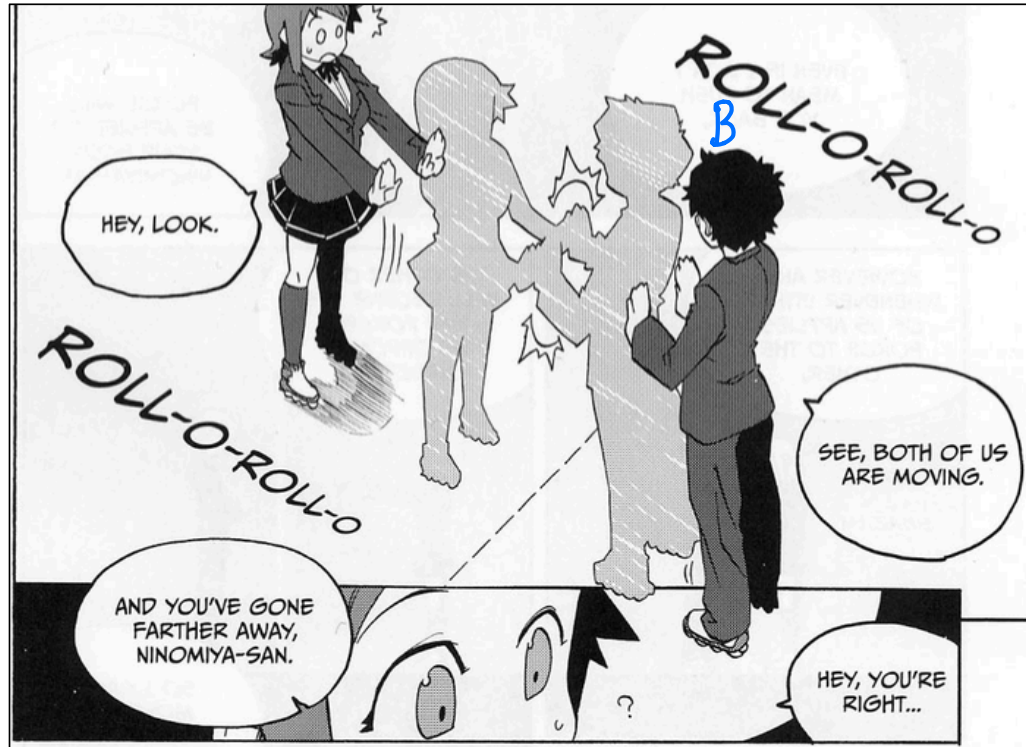
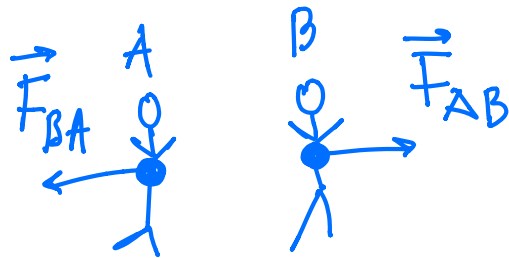
The ball rolls to the back of the plane during takeoff. An accelerating plane is not an inertial reference frame.

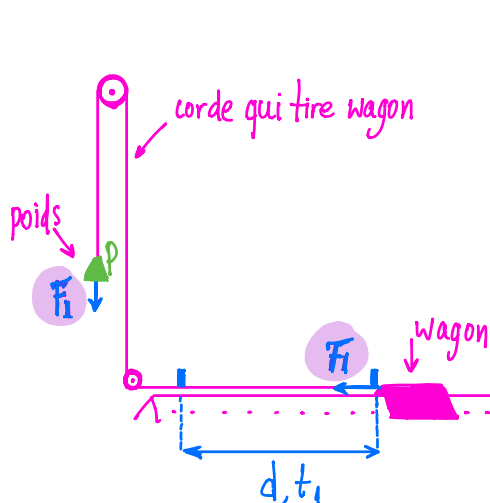
$$\vec{F} = m\vec{a}$$



ACTION ET RÉACTION

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$





Le wagon est tiré par la Force F_1 , causé par le poids P .

Si on remplace le poids P par un poids 2.5 plus grand, qu'est-ce qui va se passer?

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= m a_1 \\ F_2 &= m a_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_2 = 2.5 a_1$$

MRUA

$$d = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{t_1^2}{t_2^2} = \frac{a_2}{a_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t_2 = t_1 \cdot \sqrt{\frac{a_1}{a_2}} = \frac{t_1}{\sqrt{2.5}}$$

$$t_2 = 1.4 \text{ s}$$

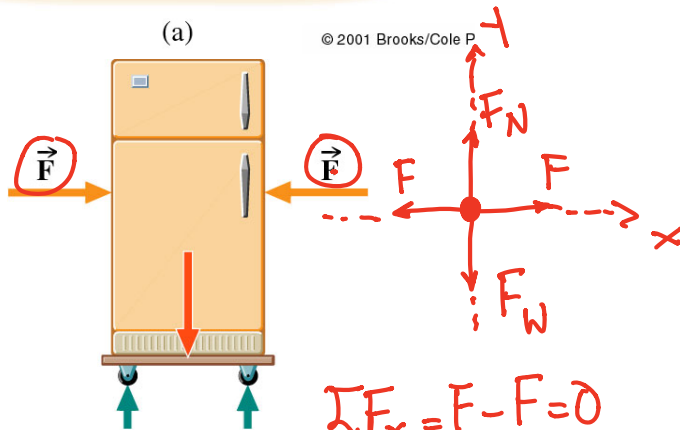
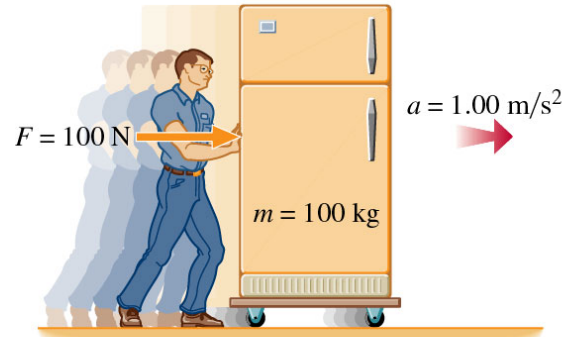
Nous avons deux situations $\left\{ \begin{aligned} &F_1, t_1, d \\ &F_2, t_2, d \end{aligned} \right.$

et on sait que:
 $F_2 = 2.5 F_1$

On mesure $t_1 = 2.2 \text{ s}$

➤ On cherche $t_2 = ?$

DIAGRAMME DU CORPS ISOLÉ

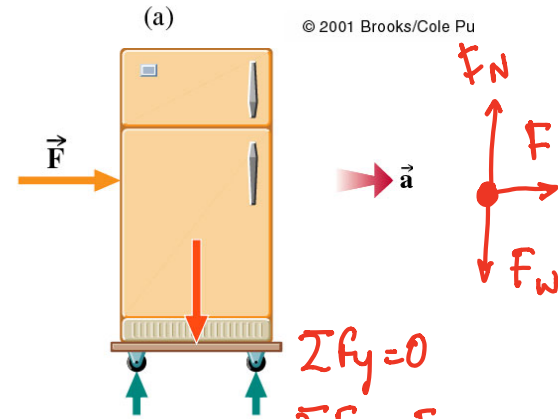


$$\sum F_x = F - F = 0$$

$$\sum F_y = F_N - F_W = 0$$

ublishing ITP

(b)



$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = F = ma$$

Publishing ITP

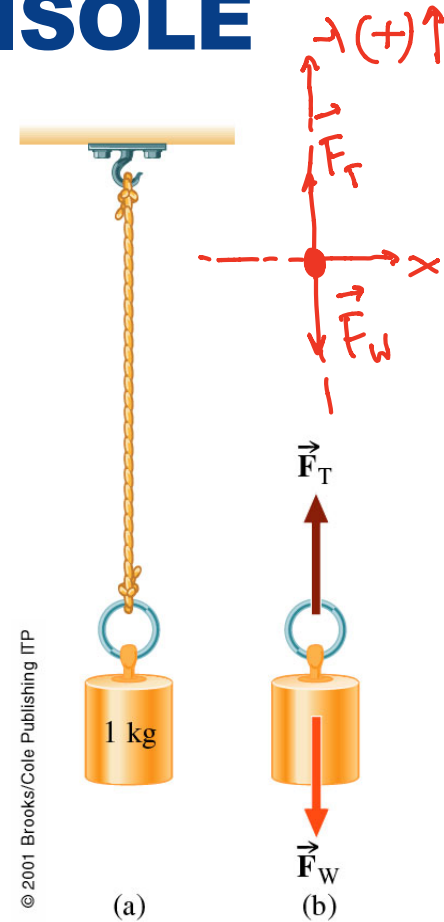
(b)

DIAGRAMME DU CORPS ISOLÉ

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_W = ma = 0$$

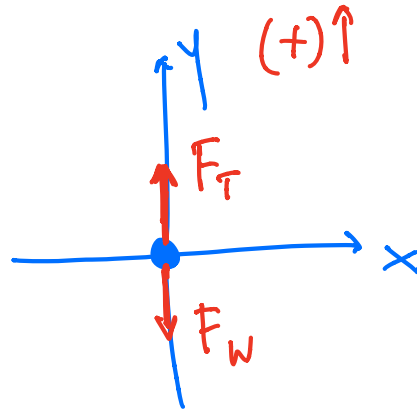
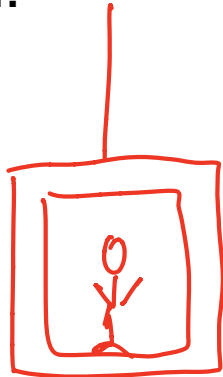
$$F_y = F_T - F_W = 0 \Rightarrow F_T = F_W$$

$$F_x = 0$$



EXEMPLE

Un ascenseur, suspendu d'un câble, monte vers l'étage supérieur. Identifier les forces et dessiner un diagramme de corps isolé pour l'ascenseur.

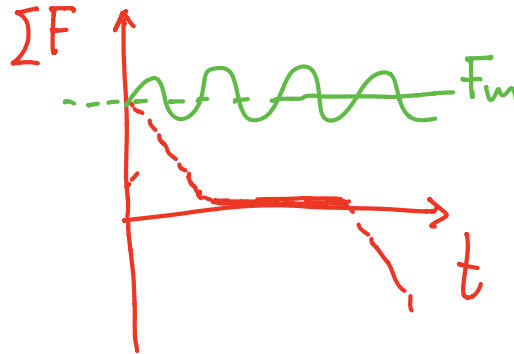


$$\sum F_y = F_T - F_w = 0$$
$$\Rightarrow F_T = F_w$$

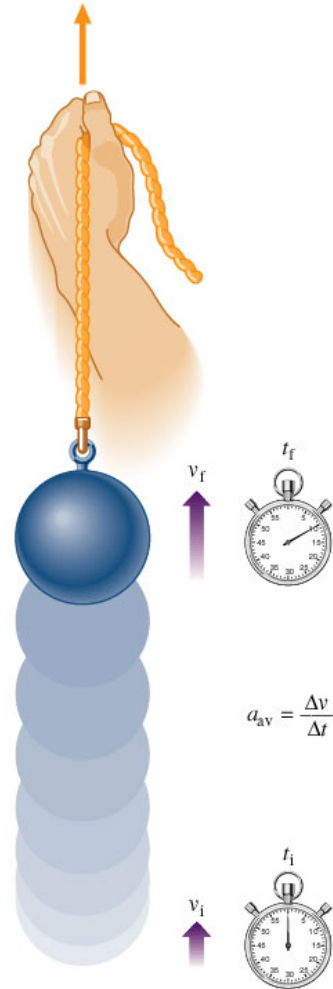
LA FORCE MOYENNE

$$M \cdot a_m = F_m$$

$$a_m = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP



LE POIDS

Le poids est défini comme la force verticale gravitationnelle sur un corps à la surface de la Terre.

$$\vec{F}_w = m \vec{g}$$

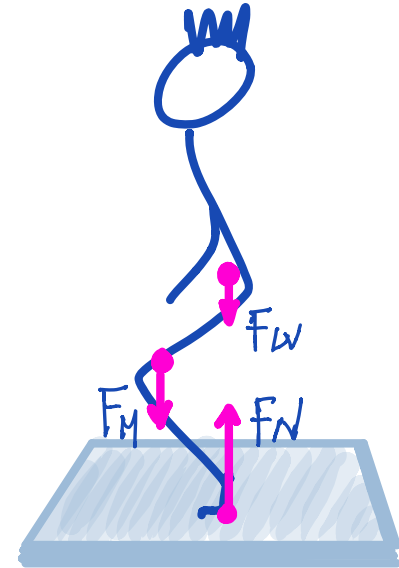
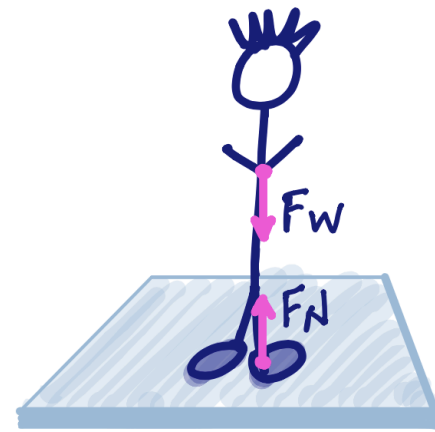
Cas spécial: la physique du saut.

$$F_N = F_M + F_w \quad \text{Avant pousser}$$

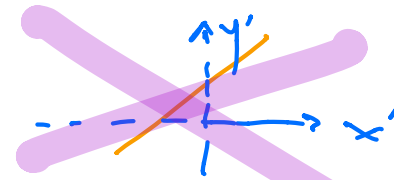
$$\Sigma F = ma = F_N - F_w \quad \text{après pousser}$$

$$\Rightarrow \Sigma F = ma = F_M + F_w - F_w \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ma = F_M$$



LE PLAN INCLINÉ



La force gravitationnelle agit strictement vers le bas. Mais par rapport au plan incliné elle a deux composantes:

parallèle au plan.

perpendiculaire au plan.

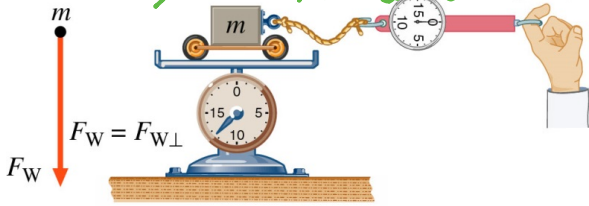
Seuls les mouvements le long du plan incliné sont possibles → Ils sont dus à

Nous verrons plus loin que bien que compensée par la réaction du plan, affecte le mouvement par l'intermédiaire du frottement

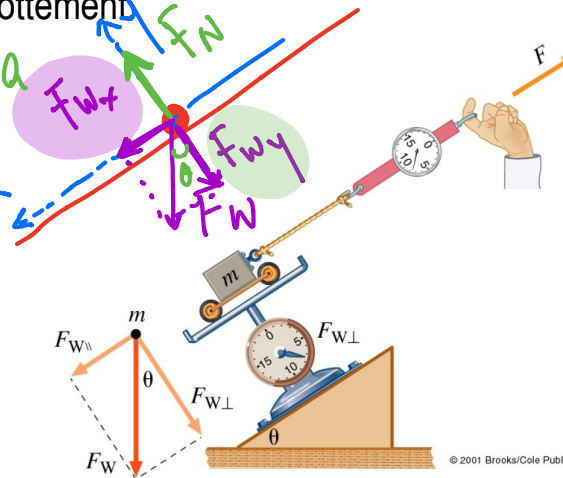
$$\sum F_x = F_{W\parallel} = F_{W_x} = Fg \sin \theta = ma$$

$$\sum F_y = F_{W\perp} - F_N = F_{W_y} - F_N = 0 \Rightarrow$$

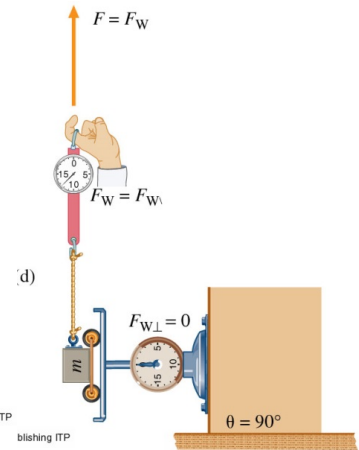
$$\Rightarrow F_N = F_W \cdot \cos \theta$$



(a)



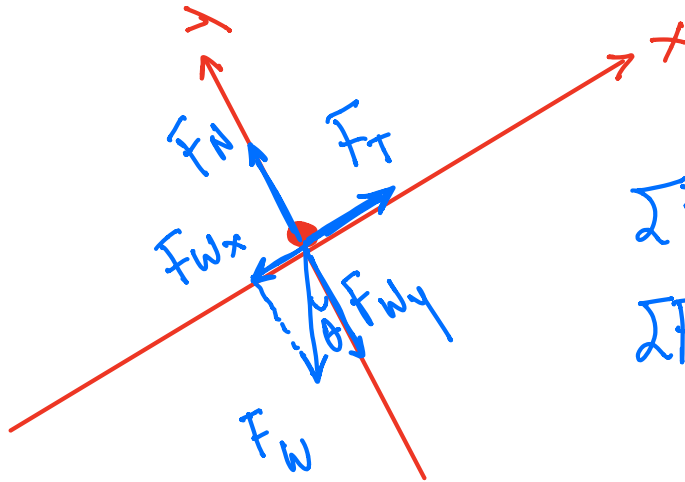
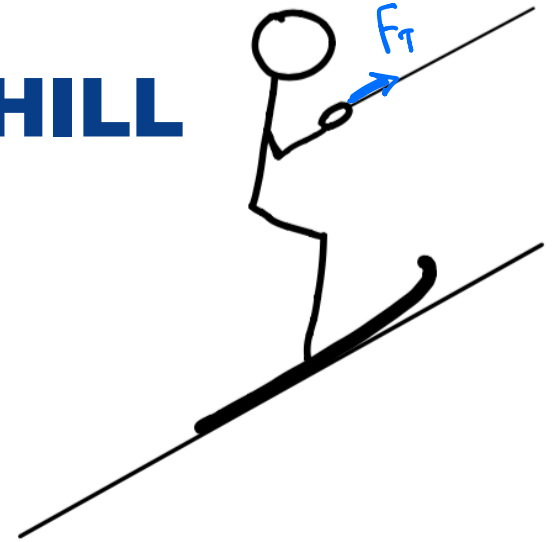
(c)



(d)

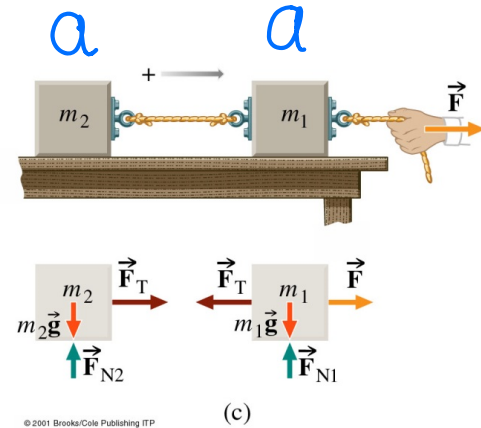
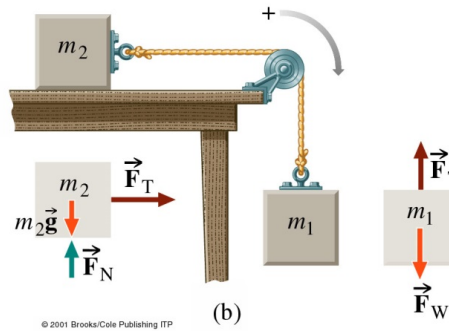
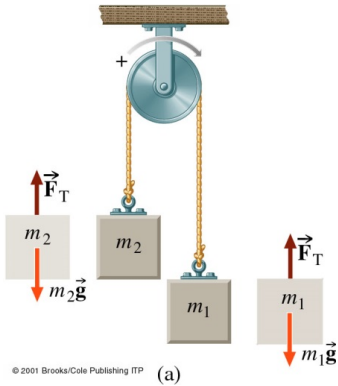
SKIER PULLED UP A HILL

Dessiner un diagramme de corps isolé pour le skieur à coté. On néglige les frottements.



$$\sum F_y = 0 = F_N - F_{wy} \Rightarrow F_N = F_w \cos \theta$$
$$\sum F_x = ma = F_T - F_{wx} = F_T - F_w \sin \theta$$

MOUVEMENTS COUPLÉS



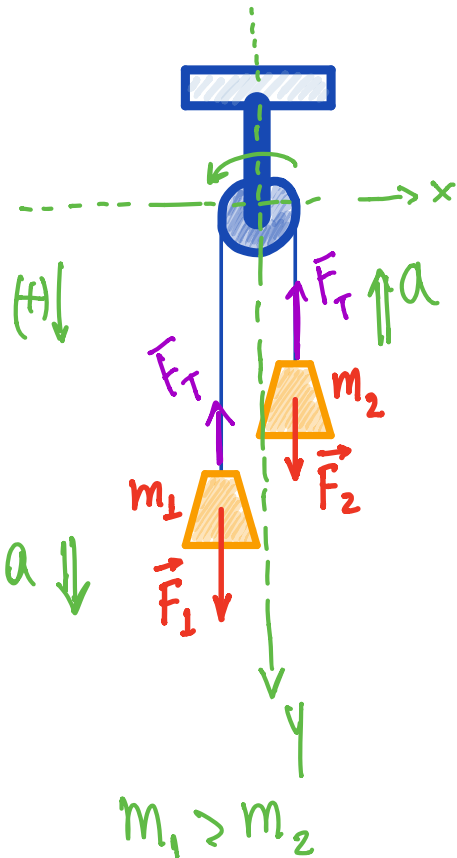
Les deux masses dans les exemples ci-dessus sont reliées par une corde de longueur fixe :

- Les poulies sont légères et sans frottement, il n'y a donc pas de force tangentielle et la tension est constante le long de chaque corde.
- Nous négligeons aussi les frottements des surfaces.

La 2^{ème} loi de Newton permet d'écrire deux équations couplées et déterminer deux inconnues (F_T et a).

MOUVEMENTS COUPLÉS

La machine d'Atwood



$$m_1: \Sigma F_1 = m_1 \cdot a = F_{w_1} - F_T \quad (1)$$

$$m_2: \Sigma F_2 = -m_2 \cdot a = F_{w_2} - F_T \quad (2)$$

$$(1) - (2) \Rightarrow a = \dots \quad (3)$$

$$(1) \xrightarrow{(3)} F_T = \dots$$

LE FROTTEMENT

L'expérience quotidienne montre qu'en l'absence de force motrice, tout objet en mouvement fini par s'arrêter, en violation apparente de la première loi de Newton.

La deuxième loi nous dit qu'il faut une force pour décélérer le mouvement : c'est la force de frottement.

Il y a deux formes principales de frottements :

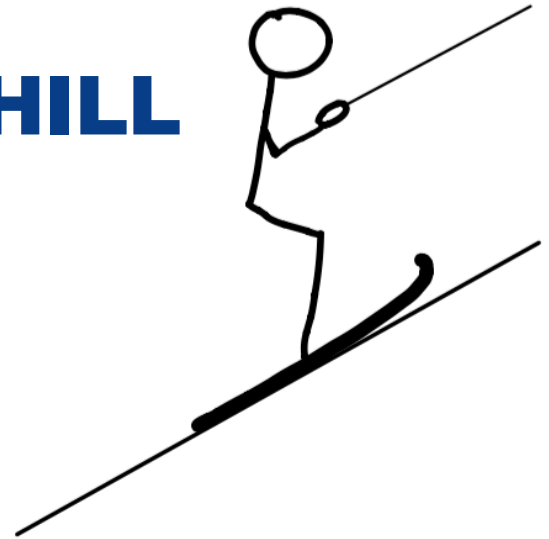
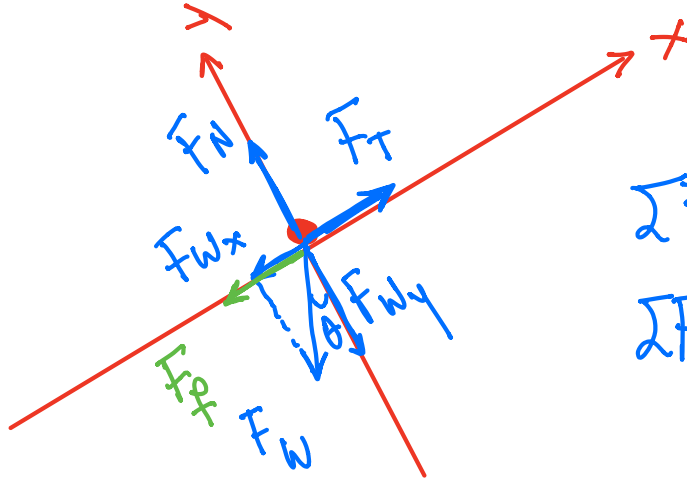
- le frottement **cinétique** qui s'oppose à un mouvement déjà établi.
- le frottement **statique** qui empêche un mouvement de démarrer.

L'origine du frottement est l'interaction électromagnétique des atomes qui forment les solides, les liquides et les gaz.

SKIER PULLED UP A HILL

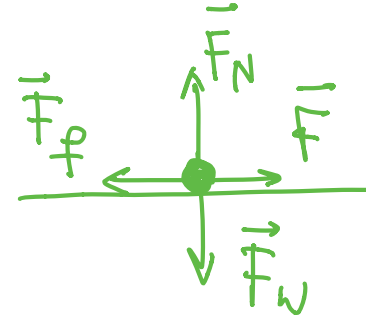
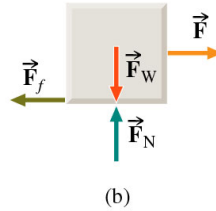
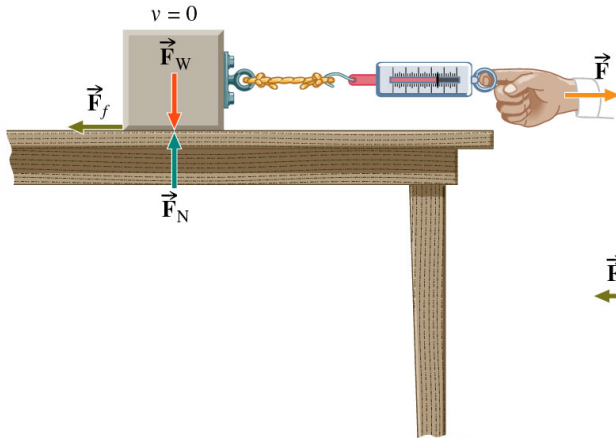
Dessiner un diagramme de corps isolé pour le skieur à côté.

F_f



$$\begin{aligned}\sum F_y = 0 &= F_N - F_{Wy} \Rightarrow F_N = F_W \cos\theta \\ \sum F_x = ma &= F_T - F_{Wx} - F_f \\ &= F_T - F_W \sin\theta - F_f\end{aligned}$$

LE FROTTEMENT STATIQUE



$$\sum F_x = F - F_f = ma = 0$$

© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

(a)

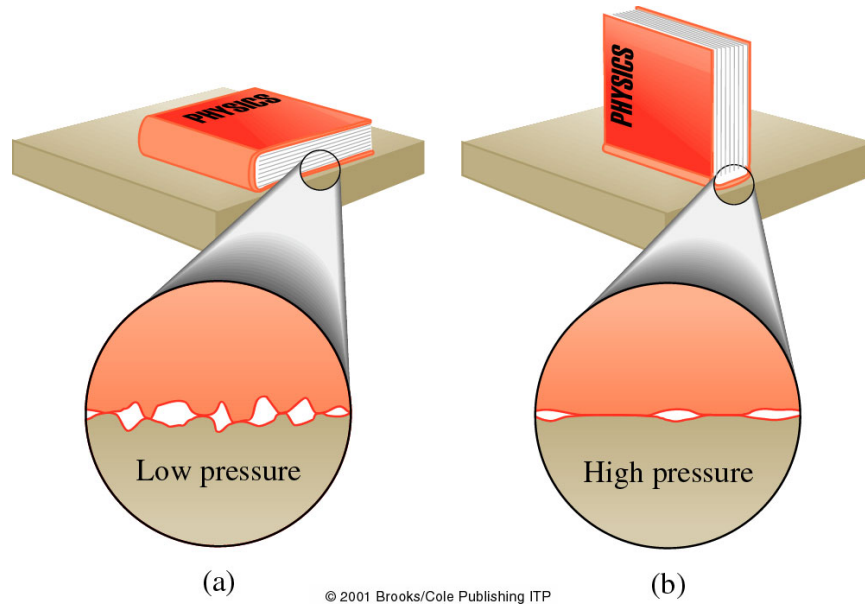
$$F_f \rightarrow F_f^{\max}$$

LE FROTTEMENT STATIQUE

$$F_f^{\max} = \mu_s F_N$$

Matériaux	μ_s
Acier sur glace	0.1
Acier sur acier, sec	0.6
Acier sur acier, lubrifié	0.1
Bois sur bois	0.5
Téflon sur acier	0.04
Chaussures sur glace	0.1
Bottes de montagne sur rocher	1.0
Pneus de voiture sur béton sec	1.0
Caoutchouc sur asphalte	0.6

LE FROTTEMENT STATIQUE



LE FROTTEMENT CINÉTIQUE

$$F_f = \mu_c F_N$$

Matériaux	μ_s	μ_c
Acier sur glace	0.1	0.05
Acier sur acier, sec	0.6	0.4
Acier sur acier, lubrifié	0.1	0.05
Bois sur bois	0.5	0.3
Téflon sur acier	0.04	0.04
Chaussures sur glace	0.1	0.05
Bottes de montagne sur rocher	1.0	0.8
Pneus de voiture sur béton sec	1.0	0.7
Caoutchouc sur asphalte	0.6	0.4

COEFFICIENTS DE FROTTEMENT

Pour le même objet, le coefficient de frottement cinétique par rapport au coefficient de frottement statique :

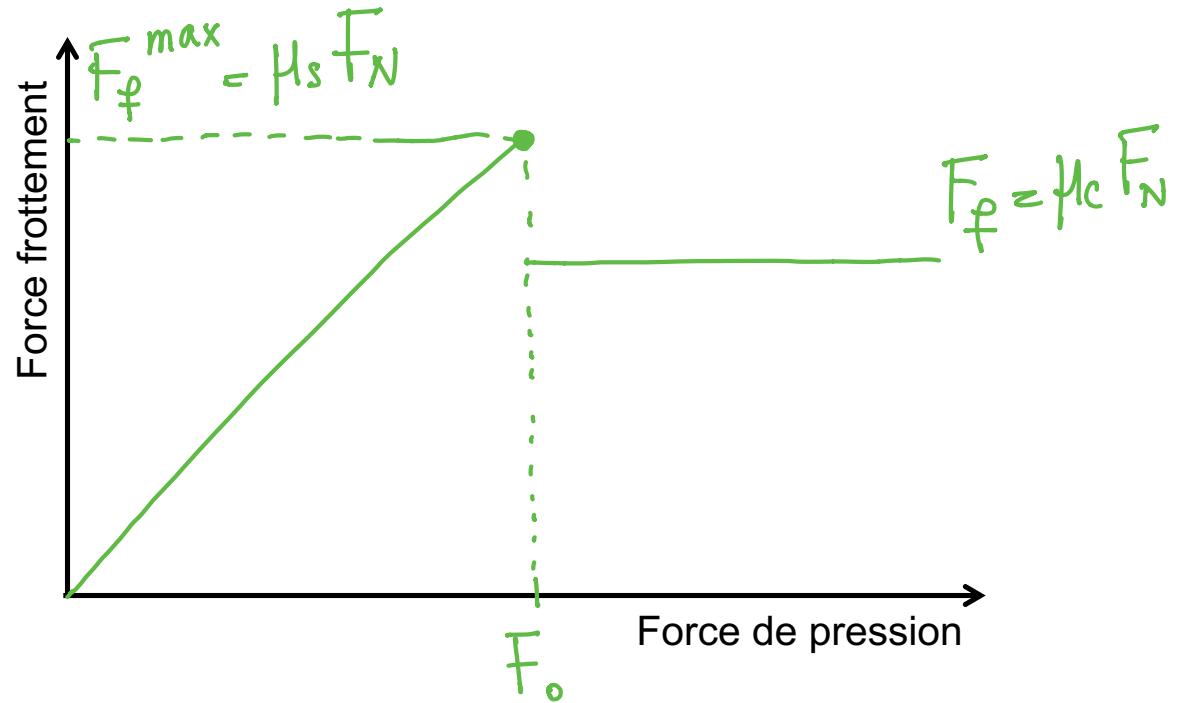
- (a) est plus faible ;
- (b) est plus grand ;
- (c) cela dépend de la vitesse de l'objet;
- (d) aucune de ces réponses.

LE FROTTEMENT AVEC ROULEMENT

La roue facilite considérablement le transport des charges par rapport au glissement. La raison est qu'en roulant sans glisser sur une surface, on élimine le frottement statique et le frottement dynamique. Mais comme il y a aussi propulsion, il y a forcément frottement.

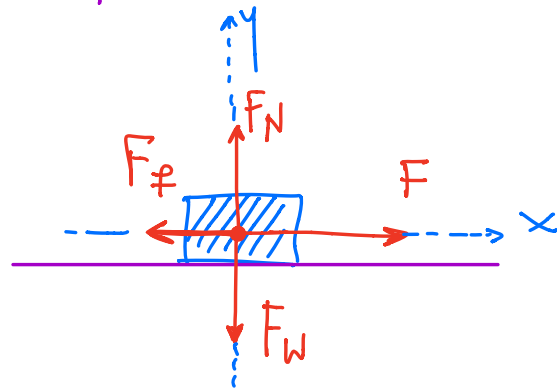
$$F_f = \mu_r F_N$$

FROTTEMENT ET MOUVEMENT



Approche stratégique pour la résolution des problèmes:

Eg. Bloc de masse m poussé avec force F sur surface avec μ_s et μ_c donnés



Sur axe y: $\Sigma F_y = 0 \Rightarrow F_N = F_w$

Sur axe x: $\Sigma F_x = F - F_f$

Q: est-ce qu'on est à une situation statique ou dynamique?

Pour répondre: $F_f = F_f^{\max} = \mu_s F_N$

$$\Sigma F_x = F - \mu_s F_N$$

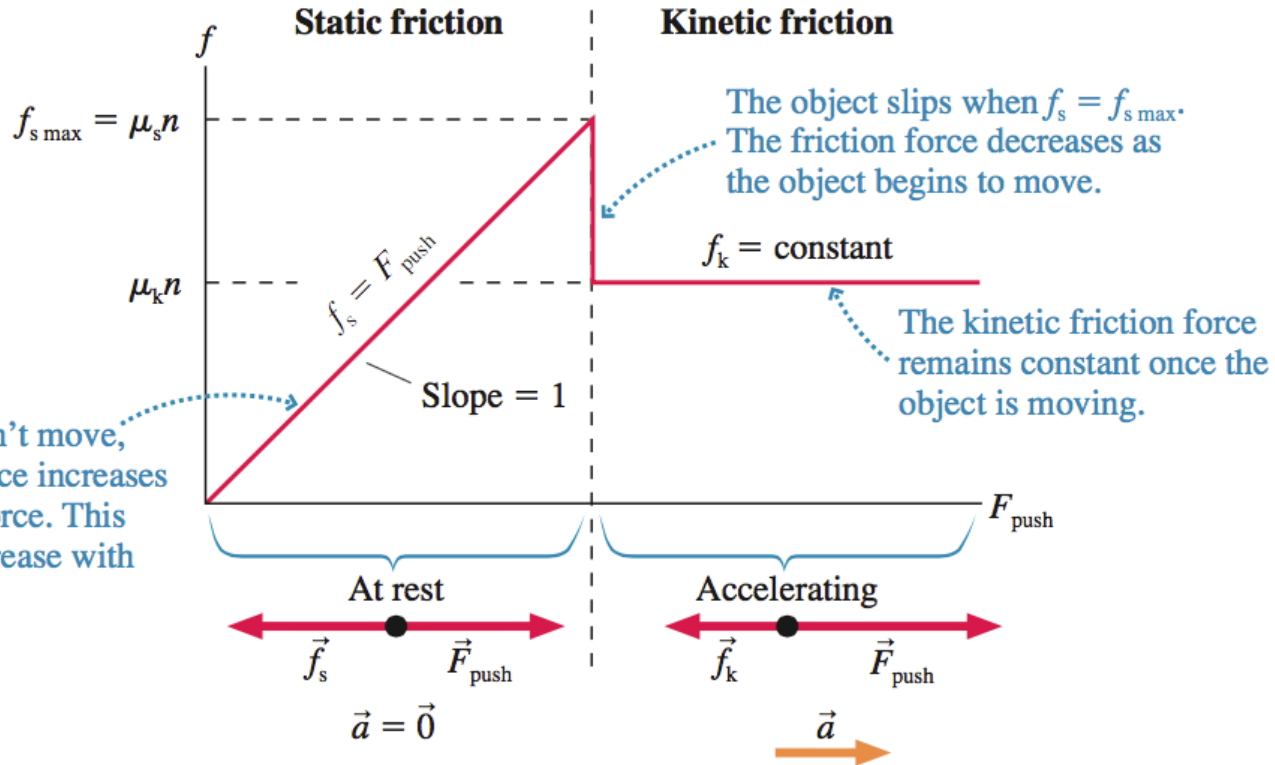
- Si $\Sigma F_x = 0$ ou $\Sigma F_x < 0$:
situation statique: pas de mouvement

- Si $\Sigma F_x > 0$:
situation dynamique!

Alors: $\Sigma F_x = F - F_f^{\text{cinétique}} = ma \Rightarrow$

$$F - \mu_c F_N = ma \Rightarrow a = \dots$$

FROTTEMENT ET MOUVEMENT



BLOC SUR TABLE

Un bloc de bois de 18 kg se trouve sur une table. Une poussée de 90 N est appliquée obliquement, avec un angle de 45° par rapport à la surface de la table. Calculez la vitesse du bloc après 10 secondes. On suppose qu'il n'y a pas de frottement et qu'initialement le bloc est au repos.

BLOC SUR TABLE

On va maintenant incliner la table d'un angle de 30° . Comment la situation change-t-elle?

BLOC SUR TABLE

Pour la suite on va considérer une table réelle, i.e. avec un coefficient de frottement statique de 0.5 et cinétique de 0.3. Comment la situation change-t-elle?

RESUMÉ

- 3 Lois de Newton

1) Inertie

$$\Sigma \vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{v} = \text{constante}$$

2) $\vec{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\vec{a}$

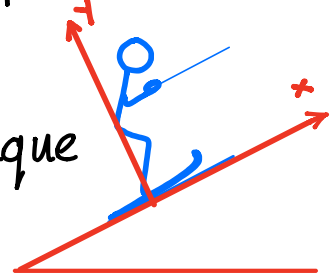
3) Action - Réaction

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

- Diagramme du corps isolé

- Plans inclinés et choix d'un référentiel approprié.

- 2ème loi Newton s'applique dans chaque direction de l'espace.



- Frottement Statique $F_f = \mu_s F_N$

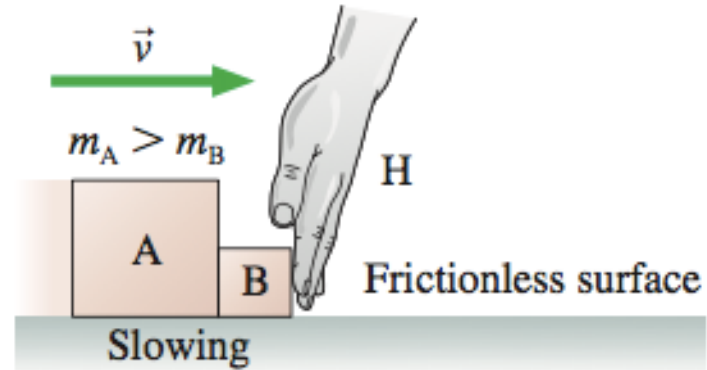
Frottement cinétique $F_f = \mu_c F_N$

$$\mu_s > \mu_c$$

- $\Sigma \vec{F} = 0$: situation statique
condition d'équilibre

LES DEUX BOITES

Deux boites A et B glissent sur une surface sans frottement. La main H les décélère. Quelle relation est correcte pour les forces qui agissent sur les boites?



a. $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} = F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

c. $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} < F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

b. $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} > F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

d. $F_{H \text{ on } B} = F_{H \text{ on } A} > F_{A \text{ on } B}$