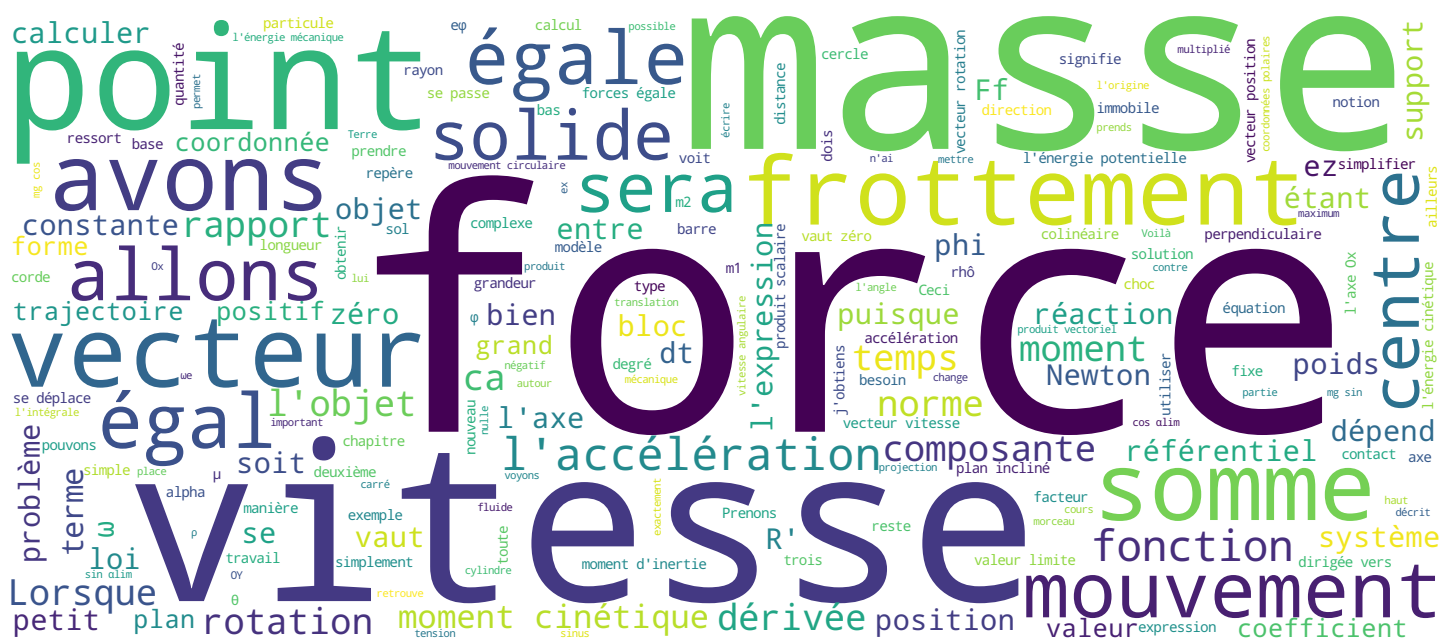


Prof. Cécile Hébert



Plan du cours

- I - Cinématique
- II - Référentiel accélérés
- III - Lois de Newton
- IV - Balistique – effet d'une force constante et uniforme
- V - Forces ; application des lois de Newton
- VI - Travail, Energie, principes de conservation
- VII - Chocs, systèmes de masse variable
- VIII - Oscillateur harmonique
- IX - Moment cinétique ; Gravitation
- X - Solide indéformable
- XI - Application du solide indéformable

2

Pour utiliser les lois de Newton, il faut avoir les forces. Sommes des forces égale $m a$. Certaines forces sont des forces fondamentales de la physique, d'autres sont des modèles phénoménologiques. Ici, nous allons voir la notion de frottement sec. C'est un modèle phénoménologique qui décrit ce qui se passe à l'interface, entre deux solides qui frottent l'un sur l'autre. Faites attention parce que ce modèle-là a vraiment des limites. Si vous essayez décrire des problèmes complexes dans lesquels les solides sont peut-être un peu déformables, ça marchera beaucoup moins bien. Nous sommes dans le chapitre 5 sur les forces, et applications des lois de Newton.

Notes

Summary



0m 05s

Table des matières

V - 1 Réaction d'un support

→ V - 2 Forces de frottement secs

V - 3 Roulement d'une roue

V - 4 Frottements fluides

V - 5 Tension dans une corde

V - 6 Force de rappel d'un ressort

V - 7 Poussée d'archimède

3

Et nous allons voir les forces de frottement sec.

Notes

Summary



0m 46s

V - 2 Forces de frottement secs

Les frottements sont aussi une manifestation d'interactions électromagnétiques complexes.

C'est une simplification par un modèle phénoménologique.

Un frottement s'oppose au mouvement.

On distinguera deux types de frottements

- Frottements secs (d'un solide sur un autre)
- Frottements fluides ou visqueux, ils ont lieu dans un fluide (liquide, gaz...)

9

D'une façon générale, les frottements sont comme la réaction du support, la manifestation d'interactions électromagnétiques complexes. Cette notion de force de frottement est donc une simplification par un modèle phénoménologique. C'est un modèle qui nous permettra décrire ce qui se passe, mais qui aura toujours des limites. Les frottements correspondant à des interactions électromagnétiques attractives, ils s'opposeront au mouvement des objets. On distinguera deux types de frottements. Les frottements secs, qui sont les frottements d'un solide sur un autre solide, et les frottements fluides, aussi dit visqueux, qui ont lieu lorsque j'ai un solide dans un fluide, par exemple liquide ou gaz. On pourra aussi prendre en compte les frottements visqueux à l'intérieur du fluide, mais ça, c'est la mécanique des fluides, et plus la mécanique des solides. Les frottements secs font l'objet de ce paragraphe. Les frottements fluides feront l'objet d'un prochain paragraphe.

Notes

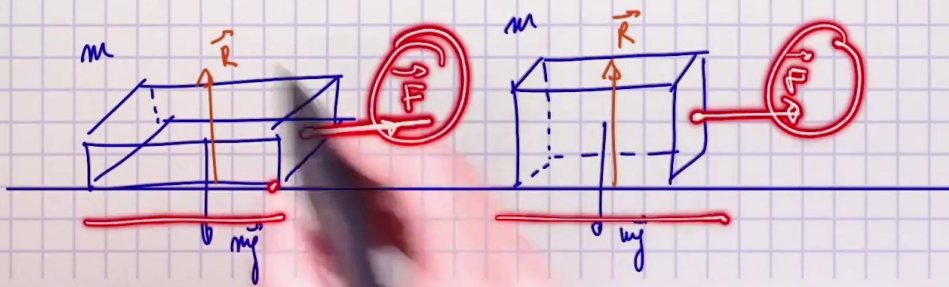
Summary



frottement secs : expériences

La force de frottement ne dépend que de la réaction du support et du type de surfaces en contact, mais ni de l'aire de contact apparent, ni de la vitesse.

Les frottements secs se comportent différemment suivant que l'objet est immobile ou en mouvement.



10

La force de frottement étant une force phénoménologique, elle sera basée sur des expériences et nous obtiendrons un modèle. Ces expériences nous montrent que la force de frottement ne dépend que de la réaction du support, et du type de surface en contact, donc du type de matériaux, mais ni de l'aire de contact apparent, ni si l'objet est en mouvement ou de la vitesse. Par contre, l'expérience nous montre aussi que les frottements se comportent différemment suivant que l'objet est immobile ou en mouvement. Prenons deux objets identiques placés sur un sol horizontal, ces objets ont une forme de parallélépipède rectangle. Nous en avons un posé sur une grande face, et un posé sur une petite face. Ils ont tous les deux une masse m . Ils sont faits du même matériau et le support est du même matériau. Leur poids est identique. La réaction du support est donc, elle aussi identique dans les deux cas. Supposons que je tente de mettre cet objet en mouvement en exerçant une force F . Je vais progressivement augmenter la force jusqu'à ce que l'objet se mette à bouger. La force minimale que je devrais utiliser, sera la même dans les deux cas. Elle ne dépendra que de R , et du type de matériaux en contact.

Notes

Summary

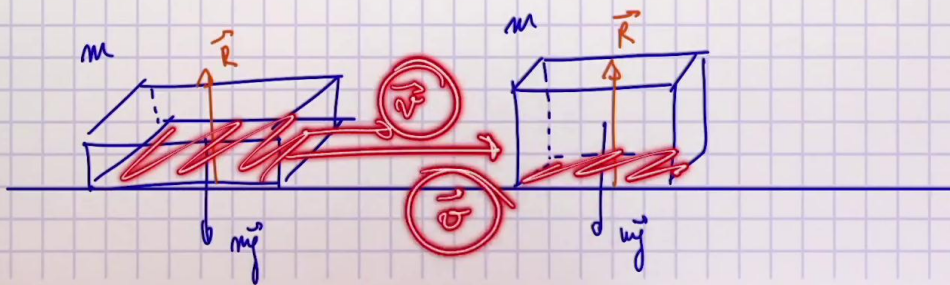


1m 51s

frottement secs : expériences

La force de frottement ne dépend que de la réaction du support et du type de surfaces en contact, mais ni de l'aire de contact apparent, ni de la vitesse.

Les frottements secs se comportent différemment suivant que l'objet est immobile ou en mouvement.



10

Par contre, elle ne dépend pas de l'aire de contact apparente. Maintenant, supposons que j'ai mis ces objets en mouvement. Je dois exercer une certaine force pour le mettre en mouvement. Quand il commence à bouger, on dit qu'il décroche. Une fois que l'objet a décroché, je peux le maintenir à vitesse constante avec une force plus faible. Les frottements secs se comportent donc différemment, suivant que l'objet est immobile ou en mouvement. La force dont j'ai besoin pour maintenir l'objet à vitesse constante ne dépend que de la réaction du support et du type de surface en contact, mais ni de l'aire de contact apparente, ni de la vitesse de l'objet. Je dois exercer la même force pour le maintenir à vitesse constante, que la vitesse soit faible ou grande.

Notes

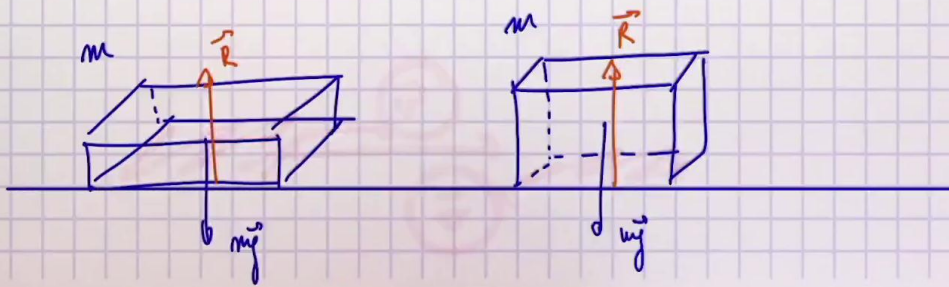
Summary



frottement secs : expériences

La force de frottement ne dépend que de la réaction du support et du type de surfaces en contact, mais ni de l'aire de contact apparent, ni de la vitesse.

les frottements secs se comportent différemment suivant que l'objet est immobile ou en mouvement.



10

Notes

Summary



4m 19s

Deux formes de frottements secs

1) Quand le corps est immobile : frottements statiques

$\sum \vec{F} = \vec{0}$, donc la force de frottement \vec{F}_F *compense exactement* la force qui tente de mettre l'objet en mouvement, jusqu'à une **valeur limite**

Tant que $F_F \leq \mu_s R$, le corps ne bouge pas μ_s coefficient de frottement statique.



11

Le modèle construit est donc le suivant pour nos deux formes de frottement sec. D'abord, lorsque le corps est immobile, nous avons les frottements statiques. On parle d'un corps qui est immobile et qui le reste. Donc l'accélération est nulle, donc la somme des forces vaut zéro. La force de frottement compense alors exactement la force qui tente de mettre l'objet en mouvement. Si vous essayez de tirer un objet sur le sol avec une ficelle, alors qu'il y a une force de frottement, vous savez que si vous ne tirez pas assez fort, rien ne bouge. Vous tirez de plus en plus fort et à un moment, l'objet va se mettre en mouvement. Vous exercez une force de traction sur l'objet. Il est immobile. La somme des forces vaut zéro. Il existe donc une force de frottement, qui compense exactement cette force que vous exercez. Lorsque vous augmentez la norme de la force de traction, la norme de la force de frottement augmente et à un certain moment, l'objet va se mettre en mouvement. C'est-à-dire qu'à ce moment-là, la force de frottement n'arrivera plus à augmenter. Elle aura atteint une valeur limite. Cette valeur limite dépend de la réaction du support, et des deux surfaces en contact.

Notes

Summary



Deux formes de frottements secs**1) Quand le corps est immobile : frottements statiques**

$\sum \vec{F} = \vec{0}$, donc la force de frottement \vec{F}_F *compense exactement* la force qui tente de mettre l'objet en mouvement, jusqu'à une *valeur limite*.

Tant que $F_F \leq \mu_s R$, le corps ne bouge pas. μ_s coefficient de frottement statique.

2) Quand le corps est en mouvement : frottements dynamiques

$F_F = \mu_c R$, μ_c coefficient de frottement cinétique ou dynamique.

En général $\mu_s > \mu_c$.

11

Cette valeur limite est égale à μ_s fois R , μ_s étant le coefficient de frottement statique qui dépend des matériaux en contact, et R étant la réaction du support. En résumé, tant que la force de frottement est inférieure ou égale à μ_s fois R , le corps ne bouge pas, et à l'instant où la force de frottement est égale à μ_s fois R , le corps se met en mouvement. Le deuxième cas est lorsque le corps est en mouvement. C'est ce qu'on appelle les frottements dynamiques. À ce moment-là, la force de frottement est toujours exactement égale à μ_c fois R , μ_c étant le coefficient de frottement cinétique ou dynamique. Parfois, il est aussi appelé μ_d . En général, le coefficient de frottement statique μ_s est strictement supérieur au coefficient de frottement synétique ou dynamique. Nous allons maintenant voir un exemple concret. Comment appliquer ce modèle de force de frottement ?

Notes

Summary

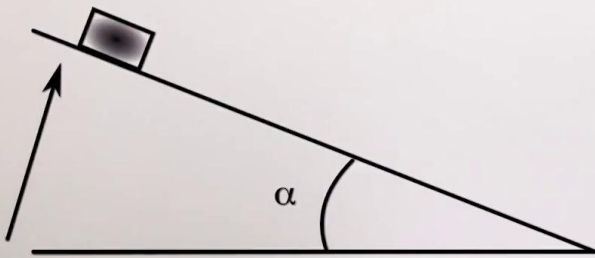


5m 55s

Exemple :

Un bloc de masse m est posé en haut d'un plan incliné dont on peut varier l'inclinaison. On considère qu'il y a des frottements et que $\mu_s > \mu_c$. Initialement, le plan est horizontal, on l'incline doucement de plus en plus.

- 1) A quel angle est-ce que le bloc commence à glisser ?
- 2) Dès que le bloc "décroche" (commence à glisser), on cesse d'augmenter l'angle. Quelle est alors l'accélération du bloc ?



12

Supposons que nous ayons un bloc de masse m , posé en haut d'un plan incliné dont on peut varier l'inclinaison. J'ai donc mon bloc sur le plan incliné, et je peux incliner de plus en plus le plan. C'est ce que je vais faire en augmentant doucement l'angle α . Je suppose qu'il y a des frottements entre le bloc et le plan, et je suppose que μ_s est supérieur à μ_c . Expérimentalement, on voit bien que lorsque j'incline le plan, il va y avoir un moment où le bloc ne sera plus retenu par les frottements, et il commencera à glisser. La première question est à quel angle est-ce que le bloc commence à glisser ? Maintenant, à l'instant exact où le bloc commence à bouger, j'arrête d'augmenter l'angle, donc, je le fixe à la valeur α_0 que j'ai trouvé à ce moment-là. Quelle est alors l'accélération du bloc ? Nous avons donc le premier cas lorsque le bloc ne bouge pas, qui correspond au frottement statique, et le deuxième cas lorsque le bloc bouge, qui correspondra au frottement dynamique.

Notes

Summary



Deux formes de frottements secs

1) Quand le corps est immobile : frottements statiques

$\sum \vec{F} = \vec{0}$, donc la force de frottement \vec{F}_F *compense exactement* la force qui tente de mettre l'objet en mouvement, jusqu'à une *valeur limite*.

Tant que $F_F \leq \mu_s R$, le corps ne bouge pas. μ_s coefficient de frottement statique.

2) Quand le corps est en mouvement : frottements dynamiques

$F_F = \mu_c R$, μ_c coefficient de frottement cinétique ou dynamique.

En général $\mu_s > \mu_c$.

11

Je devrais donc considérer ces deux cas successivement.

Notes

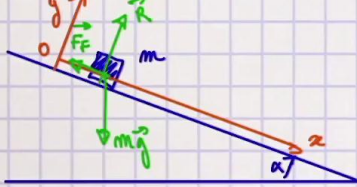
Summary



8m 29s

V. Forces V - 2 Forces de frottement secs

1) Le bloc est immobile sur le plan incliné. Référentiel : labo



repère $(0, x, y)$

Forces : poids $(m\vec{g})$ réaction \vec{R} frottements \vec{F}_f

Cas : statique $\vec{v} = \vec{0}$ $\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$

13

Commençons par la première question et le premier cas. Je vais prendre comme référentiel le laboratoire et un repère cartésien OXY. Je vais aligner l'axe Ox avec le plan incliné. L'axe Oy sera donc perpendiculaire au plan. Les forces sont le poids, mg , la réaction, r , et les frottements F_f . Le poids est vertical, dirigé vers le bas. La réaction est perpendiculaire au support. Et pour connaître la direction des frottements, je dois me demander ce qui se passe en l'absence de frottement. En l'absence de frottement, le bloc se met à glisser vers le bas. Il a donc une accélération dirigée vers les x positifs, et une vitesse qui va augmenter vers les x positifs. Les frottements vont s'opposer à ce mouvement. Ce sera donc une force selon Ox dirigée vers l'arrière. La force de frottement est donc toujours collinéaire au support. Par ailleurs, nous sommes dans le cas des frottements statiques. Cela signifie que la vitesse est nulle, et reste nulle. Donc, l'accélération est également égale à zéro. La somme des forces doit valoir zéro. Les trois forces, mg plus R , plus la force de frottement ont, donc, une somme qui vaut le vecteur nul.

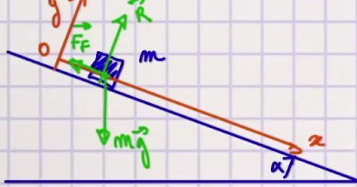
Notes

Summary



8m 35s

1) Le bloc est immobile sur le plan incliné. Référentiel : labo



repère $(0, x, y)$

Forces : poids $(m\vec{g})$ réaction \vec{R} frottement \vec{F}_f

Cas : statique $\vec{v} = \vec{0}$ $\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$

$$m\vec{g} + \vec{R} + \vec{F}_f = \vec{0}$$

$m\vec{g}$	\vec{R}	\vec{F}_f
$\begin{vmatrix} mg \sin \alpha \\ -mg \cos \alpha \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} 0 \\ R > 0 \end{vmatrix}$	$\begin{vmatrix} -F_f \\ 0 \end{vmatrix} \quad F_f > 0$

$$\begin{cases} mg \sin \alpha + 0 - F_f = 0 \\ -mg \cos \alpha + R + 0 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} F_f &= mg \sin \alpha \\ R &= mg \cos \alpha \end{aligned}$$

13

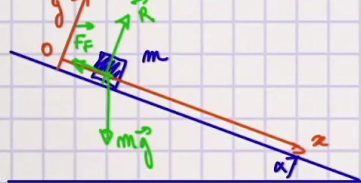
Les composantes du poids mg se retrouvent par projection du vecteur mg , sur l'axe Ox en $\sin \alpha$ et sur l'axe Oy en $-\cos \alpha$. La réaction n'a une composante que sur Oy qui vaut R , et sur Ox qui vaut zéro. R est la norme de la réaction strictement positive. La force de frottement n'a de composante que sur l'axe Ox . Par ailleurs, elle est forcément dirigée vers l'arrière, puisque le mouvement se ferait vers les x positifs. Si j'appelle F_f la norme de la force de frottement, je peux donc dire que la composante de la force de frottement sur l'axe Ox est moins F_f . En résumé, ma force de frottement a une composante sur Ox qui est moins F_f , et une composante sur Oy qui vaut zéro. F_f étant ici strictement positif aussi. Lorsque j'écris somme des forces égale zéro, j'obtiens $mg \sin \alpha$ plus zéro moins F_f égal zéro, et moins $mg \cos \alpha$, plus R plus zéro égal zéro. Nous pouvons donc écrire que F_f est égal à $mg \sin \alpha$ et R égal $mg \cos \alpha$. Donc, pour toutes les valeurs de l'angle α telles que le bloc reste immobile, lorsque je connais α , cela me fixe la valeur de la force de frottement et la valeur de la réaction. Lorsque α augmente, $\sin \alpha$ augmente. $mg \sin \alpha$ augmente, donc la force de frottement augmente.

Notes

Summary



1) Le bloc est immobile sur le plan incliné. Référentiel : labo



repère $(0, x, y)$

Forces : poids $(m\vec{g})$ réaction \vec{R} frottement \vec{F}_f

Cas : statique $\vec{v} = \vec{0}$ $\vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \sum \vec{F} = \vec{0}$

$$m\vec{g} + \vec{R} + \vec{F}_f = \vec{0}$$

$$mg \begin{vmatrix} mg \sin \alpha \\ -mg \cos \alpha \end{vmatrix}$$

$$\vec{R} \begin{vmatrix} 0 \\ R > 0 \end{vmatrix}$$

$$\vec{F}_f \begin{vmatrix} -F_f \\ 0 \end{vmatrix} \quad F_f > 0$$

$$\begin{cases} mg \sin \alpha + 0 - F_f = 0 \\ -mg \cos \alpha + R + 0 = 0 \end{cases}$$

$$F_f = mg \sin \alpha$$

$$R = mg \cos \alpha$$

valeur limite pour $F_f = \mu_s R$

α_{lim} la valeur limite de décrochage

$$F_f = \mu_s R = \mu_s mg \cos \alpha_{lim}$$

$$F_f = mg \sin \alpha_{lim}$$

$$\mu_s mg \cos \alpha_{lim} = mg \sin \alpha_{lim}$$

$$\frac{\sin \alpha_{lim}}{\cos \alpha_{lim}} = \tan \alpha_{lim} = \mu_s$$

13

Au fur et à mesure que j'incline le bloc, la force de frottement augmente. Mais il va arriver un moment où sa norme va dépasser la valeur limite permise. La valeur limite permise pour F_f est μ_s fois R . Mais en plus, lorsque j'augmente α , $\cos \alpha$ diminue. Donc R diminue. Avec cela, je vais atteindre la valeur limite encore plus vite. Appelons α_{lim} la valeur limite de décrochage. À α_{lim} , j'ai très exactement F_f qui vaut μ_s fois R . Or, R étant égal à $mg \cos \alpha$, et α étant égal à α_{lim} , F_f va être égal à $\mu_s mg \cos \alpha_{lim}$. À la valeur limite, j'ai aussi F_f qui vaut $mg \sin \alpha_{lim}$. J'ai donc F_f égal $\mu_s mg \cos \alpha_{lim}$ égal $mg \sin \alpha_{lim}$. Ces deux grandeurs sont égales. $\mu_s mg \cos \alpha_{lim}$ égal $mg \sin \alpha_{lim}$. Je peux simplifier les m et les g . Divisé par $\cos \alpha_{lim}$, ce qui va me donner $\sin \alpha_{lim} / \cos \alpha_{lim}$, qui vaut $\tan \alpha_{lim} = \mu_s$. L'angle limite pour lequel le bloc commence à décrocher, est l'angle tel que la tangente de cet angle soit égale à μ_s .

Notes

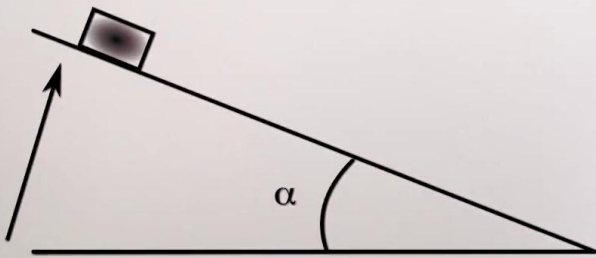
Summary



Exemple :

Un bloc de masse m est posé en haut d'un plan incliné dont on peut varier l'inclinaison. On considère qu'il y a des frottements et que $\mu_s > \mu_c$. Initialement, le plan est horizontal, on l'incline doucement de plus en plus.

- 1) A quel angle est-ce que le bloc commence à glisser ?
- 2) Dès que le bloc "décroche" (commence à glisser), on cesse d'augmenter l'angle. Quelle est alors l'accélération du bloc ?



12

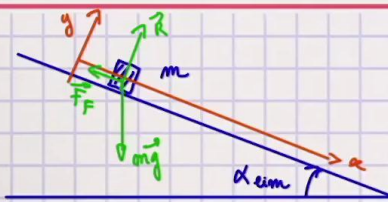
Nous avons donc répondu à la première question. Maintenant, nous nous plaçons à cet angle α limit nous cessons d'augmenter l'angle, quelle est l'accélération du bloc ?

Notes

Summary



V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



$$F_f = \mu_c R$$

$$\alpha = \alpha_{lim}$$

$$F_f = \mu_c R$$

$$\vec{mg} \begin{vmatrix} mg \sin \alpha_{lim} \\ -mg \cos \alpha \end{vmatrix}$$

le bloc glisse \Rightarrow frottements cinétiques

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

$$\vec{R} \begin{vmatrix} 0 \\ R \end{vmatrix} \quad \vec{F}_f \begin{vmatrix} -F_f \\ 0 \end{vmatrix}$$

14

Nous changeons maintenant de type de frottement. α est égal à α_{lim} . Le bloc glisse. Nous avons donc des frottements dynamiques ou cinétiques. Dans ce cas-là, la force de frottement a une norme donnée par F_f égal μ_c fois R . Et puisque le bloc glisse, je vais devoir écrire somme des forces égale $m a$. Et cette fois, c'est différent de zéro. Le bloc n'est pas immobile. J'ai gardé le même repère que tout à l'heure. Les axes OX et OY tels que OX est collinaire au plan incliné. L'expression de mes forces restera donc la même. Le poids n'a pas changé. Mg sera toujours $mg \sin \alpha$ et cette fois, c'est α_{lim} , et moins $mg \cos \alpha$. La réaction sera toujours égale à zéro/ox et r/oy, et la force de frottement toujours dirigée vers l'arrière, uniquement sur ox, donc moins F_f et zéro. Mais simplement, puisque je suis dans le cadre des frottements cinétiques, j'ai maintenant une force de frottement qui a la norme F_f qui vaut μ_c fois r , μ_c étant le coefficient de frottement cinétique. La norme de cette force ne dépend pas de la vitesse du bloc. Lorsque j'écris somme des forces égale $m a$ composante par composante, je vais donc avoir l'expression suivante : $m a$ a comme composante ma_x et ma_y .

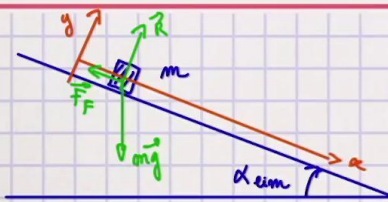
Notes

Summary



14m 37s

V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



$$\alpha = \alpha_{\text{lim}}$$

le bloc glisse \Rightarrow frottements cinétiques

$$F_f = \mu_c R$$

$$\vec{mg} \begin{vmatrix} mg \sin \alpha_{\text{lim}} \\ -mg \cos \alpha_{\text{lim}} \end{vmatrix}$$

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

$$\vec{R} \begin{vmatrix} 0 \\ R \end{vmatrix} \quad \vec{F}_f \begin{vmatrix} -F_f \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$F_f = \mu_c R$$

$$m \vec{a} \begin{vmatrix} m a_x = mg \sin \alpha_{\text{lim}} + 0 - F_f \\ m a_y = -mg \cos \alpha_{\text{lim}} + R + 0 = 0 \end{vmatrix}$$

$$\Rightarrow R = mg \cos \alpha_{\text{lim}} \quad (\text{contrainte de liaison})$$

$$F_f = \mu_c R = \mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}}$$

$$m a_x = mg \sin \alpha_{\text{lim}} - F_f = mg \sin \alpha_{\text{lim}} - \mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}}$$

14

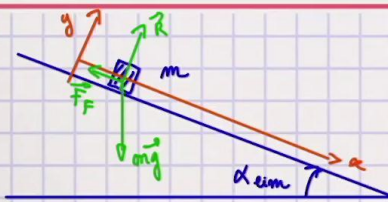
Ma x est égal à la somme des forces sur x, donc $mg \sin \alpha_{\text{lim}}$ plus zéro moins F_f . Ma y est égal à moins $mg \cos \alpha_{\text{lim}}$ — ça, c'est α_{lim} aussi — plus r plus zéro. J'ai donc deux équations. α_{lim} est connu, F_f n'est pas connu, R n'est pas connu, et je cherche l'accélération. Maintenant, c'est l'accélération, mon inconnu. Nous savons que le bloc est contraint à se déplacer sur le plan incliné, donc l'accélération sur OY sera égale à zéro. Cela me permet d'obtenir une expression pour la réaction, qui est égale à $mg \cos \alpha_{\text{lim}}$. Ceci est obtenu par la contrainte de liaison. J'ai donc maintenant trois équations, une qui me donne R , R que je vais pouvoir introduire dans l'expression de la force de frottement, que je connaîtrai en fonction de m , g et $\cos \alpha_{\text{lim}}$. Ensuite, je vais pouvoir introduire cette force de frottement elle-même dans l'expression de l'accélération sur X. Donc, F_f est égal à μ_c fois r , est égal à $\mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}}$. $M a_x$ est égal à $mg \sin \alpha_{\text{lim}}$ moins F_f . C'est donc égal à $mg \sin \alpha_{\text{lim}}$ moins $\mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}}$. Je peux mettre $m g$ en facteur, il me restera $\sin \alpha_{\text{lim}}$ moins $\mu_c \cos \alpha_{\text{lim}}$. Ce que je vais faire, c'est mettre $mg \sin \alpha_{\text{lim}}$ en facteur. C'est donc égal à $mg \sin \alpha_{\text{lim}}$ facteur de un moins $\mu_c \cos \alpha_{\text{lim}} / \sin \alpha_{\text{lim}}$.

Notes

Summary



V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



$\alpha = \alpha_{lim}$ le bloc glisse \Rightarrow frottements cinétiques

$$F_F = \mu_c R$$

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

\vec{mg}	$\begin{vmatrix} mg \sin \alpha_{lim} \\ -mg \cos \alpha_{lim} \end{vmatrix}$	\vec{R}	$\begin{vmatrix} 0 \\ R \end{vmatrix}$	$\vec{F_F}$	$\begin{vmatrix} -F_F \\ 0 \end{vmatrix}$
------------	---	-----------	--	-------------	---

$$F_F = \mu_c R$$

$$\vec{ma} \begin{vmatrix} ma_x = mg \sin \alpha_{lim} + 0 - F_F \\ ma_y = -mg \cos \alpha_{lim} + R + 0 = 0 \Rightarrow R = mg \cos \alpha_{lim} \end{vmatrix}$$

(contrainte de liaison)

$$F_F = \mu_c R = \mu_c mg \cos \alpha_{lim}$$

$$ma_x = mg \sin \alpha_{lim} - F_F = mg \sin \alpha_{lim} - \mu_c mg \cos \alpha_{lim} = mg \sin \alpha_{lim} \left[1 - \mu_c \frac{\cos \alpha_{lim}}{\sin \alpha_{lim}} \right]$$

$$ma_x = mg \sin \alpha_{lim} \left[1 - \frac{\mu_c}{\tan \alpha_{lim}} \right] \Rightarrow a_x = g \sin \alpha_{lim} \left[1 - \frac{\mu_c}{\tan \alpha_{lim}} \right]$$

$0 < \frac{\mu_c}{\tan \alpha_{lim}} < 1$

14

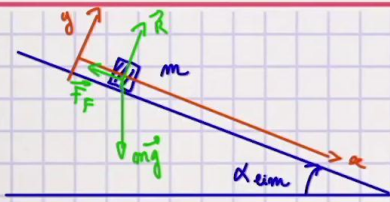
Ceci est égal à $1 / \tan \alpha_{lim}$. J'ai donc max égal $mg \sin \alpha_{lim}$, facteur de un moins μ_c sur tangente α_{lim} . La première chose que je peux faire, c'est simplifier les masses. J'ai donc directement a_x , et la tangente de α_{lim} était obtenue à la question 1, et nous avons vu que c'était égal à μ_s . J'ai donc l'accélération a_x qui vaut $g \sin \alpha_{lim}$ 1 moins μ_c / μ_s . Le coefficient de frottement statique étant supérieur au coefficient de frottement cinétique, ce terme-là est strictement inférieur à 1. Un moins un truc strictement inférieur à un, est donc un terme positif. C'est un terme positif, mais plus petit que 1. L'accélération est donc obtenue en multipliant g par le sinus de l'angle α , comme lorsqu'on a un plan incliné sans frottement, et en le multipliant encore par une grandeur plus petite que 1, et qui dépend des frottements.

Notes

Summary



V. Forces V - 2 Forces de frottement secs



$$\alpha = \alpha_{\text{lim}}$$

le bloc glisse \Rightarrow frottements cinétiques

$$F_F = \mu_c R$$

$$\vec{mg} \begin{vmatrix} mg \sin \alpha_{\text{lim}} \\ -mg \cos \alpha_{\text{lim}} \end{vmatrix}$$

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

$$\vec{R} \begin{vmatrix} 0 \\ R \end{vmatrix} \quad \vec{F}_F \begin{vmatrix} -F_F \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$F_F = \mu_c R$$

$$m \vec{a} \begin{vmatrix} m a_x = mg \sin \alpha_{\text{lim}} + 0 - F_F \\ m a_y = -mg \cos \alpha_{\text{lim}} + R + 0 = 0 \Rightarrow R = mg \cos \alpha_{\text{lim}} \end{vmatrix}$$

(contrainte de liaison)

$$F_F = \mu_c R = \mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}}$$

$$m a_x = mg \sin \alpha_{\text{lim}} - F_F = mg \sin \alpha_{\text{lim}} - \mu_c mg \cos \alpha_{\text{lim}} = mg \sin \alpha_{\text{lim}} \left[1 - \mu_c \frac{\cos \alpha_{\text{lim}}}{\sin \alpha_{\text{lim}}} \right]$$

$$a_x = g \sin \alpha_{\text{lim}} \left[1 - \frac{\mu_c}{\tan \alpha_{\text{lim}}} \right] \Rightarrow a_x = g \sin \alpha_{\text{lim}} \left[1 - \frac{\mu_c}{\mu_s} \right]$$

14

Plus les frottements cinétiques sont proches des frottements statiques, plus ce terme sera faible, plus l'accélération sera faible.

Notes

Summary





Voilà, nous avons vu un modèle de frottement sec. Il a le mérite d'être assez simple, mais il a des limitations. Nous ne l'étendrons pas vraiment dans le cadre de ce cours, mais pensez-y si vous essayez de l'appliquer à d'autres problématiques.

Notes

Summary

21m 12s

