



- Force de Coulomb
- Champ électrique
- Force de Lorentz
- Modèles de forces de frottement

Mécanique | 2013 6

Bonjour, bienvenue au cours de physique générale de l'EPFL. Jusqu'à maintenant, on a appris à faire de la mécanique newtonienne avec la force de la pesanteur, ou la force de la gravitation, la force de rappel d'un ressort, la force de frottement proportionnelle à la vitesse, et les forces associées aux contraintes géométriques. Dans cette leçon, j'aimerais introduire quelques modèles de forces supplémentaires. J'aimerais d'abord introduire la force de Coulomb, entre des charges ponctuelles, des charges électriques ponctuelles, la force associée à un champ électrique, la force d'une particule chargée dans un champ d'induction magnétique, et enfin, j'aimerais revoir quelques modèles de forces de frottement.

Notes

Summary



0m 04s

Définition : force de Coulomb



Deux charges ponctuelles : q_1 q_2

$$\mathbf{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\mathbf{r}}{r}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.988 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

Mécanique | 2013 10

Je commence avec la force de Coulomb. J'imagine que j'ai deux charges ponctuelles, de valeur q_1 et q_2 . Il existe une force, qui a la même structure que la force de la gravitation, donc c'est une loi en $1/r^2$, il y a le produit des charges qui intervient, et le coefficient qui donne l'intensité de la force c'est $1 / (4 \pi \epsilon_0)$ dont la valeur est donnée ici en unité SI. Si le vecteur \mathbf{r} , que j'ai dessiné ici, est le vecteur qui lie la charge q_1 à la charge q_2 , ça, c'est \mathbf{r} et donc si q_1 et q_2 ont le même signe, ce coefficient est positif, et la force est donc dirigée dans ce sens-là, et c'est bien ce qu'on sait, lorsqu'on a charges égales, elles se repoussent donc la force est répulsive, la force vient comme ceci.

Notes

Summary



0m 59s

Définition : champ électrique



Un ensemble de charges produit un champ électrique E

Ce champ caractérise la force que ces charges exercent sur une charge test q :

$$F = qE$$

On peut produire un champ électrique uniforme en chargeant les plaques d'un condensateur plan.

Mécanique | 2013 15

Je passe maintenant à la force décrite par un champ électrique. Si on a une distribution donnée de charge électrique, on peut calculer ce qu'on appelle le champ électrique produit par ces charges. Il appartient à un cours d'électromagnétisme, de montrer comment on peut calculer un tel champ électrique. Le champ électrique, en fait, caractérise la force que ressent une charge test q en présence de cette distribution de charges donnée. On a donc une force F qui s'écrit q fois le champ électrique. Ici, dans le cadre de ce cours, il suffit de se souvenir que, lorsqu'on a un condensateur plan, donc deux plaques métalliques parallèles chargées on a entre les plaques, un champ qui est approximativement uniforme.

Notes

Summary



2m 18s

Définition : force de Lorentz



En présence d'un champ d'induction magnétique B

une charge q de vitesse v

subit une force : $F = qv \wedge B$

Mécanique | 2013 19

Je passe maintenant à la force de Lorentz. On suppose qu'on a un champ d'induction magnétique B , qu'une charge se déplace à la vitesse v dans le référentiel dans lequel on a produit le champ d'induction magnétique B , on a alors une force qui s'exerce sur la charge, qui s'écrit $qv \wedge B$. On va tout à l'heure, dans l'autre module, analyser le mouvement d'une charge en présence d'un champ magnétique constant et uniforme.

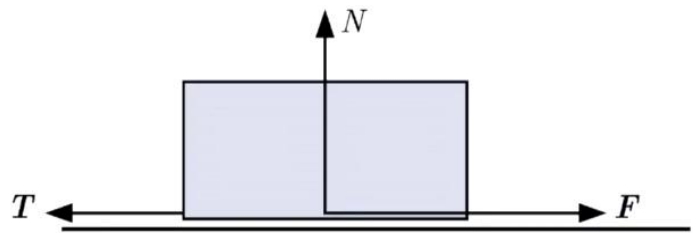
Notes

Summary



3m 16s

Propriété : limite de la friction statique



Maintenant, je passe au modèle de frottement. Dans la vie courante, on a l'habitude d'avoir des forces de frottement, et ici, j'aimerais considérer le cas d'un bloc posé sur une table, ou une armoire posée sur le sol. Vous savez que, si vous tirez sur cette armoire, mais pas suffisamment fort, l'armoire ne bouge pas. Pourquoi ne bouge-t-elle pas? Parce qu'il y a une force de frottement. Que vaut cette force de frottement? Et bien, elle s'ajuste de telle manière que l'armoire ne bouge pas. Donc, jusqu'à maintenant on a vu des forces, on vient de voir par exemple la force de Coulomb. Vous donnez deux charges, les positions des deux charges, et vous pouvez calculer la force. Ici, la force dépend, cette-force-là, qui est la force de frottement, dépend de la traction qu'on veut bien exercer sur notre objet. Maintenant, il y a quand même quelques règles qu'on peut obtenir. A propos, quand on a une telle situation, on dit qu'on a un frottement sec. Alors, il y a une règle pour le frottement sec, c'est qu'on peut tirer avec la force T , jusqu'à une certaine limite. La force F va empêcher le mouvement jusqu'à ce qu'on atteigne un seuil.

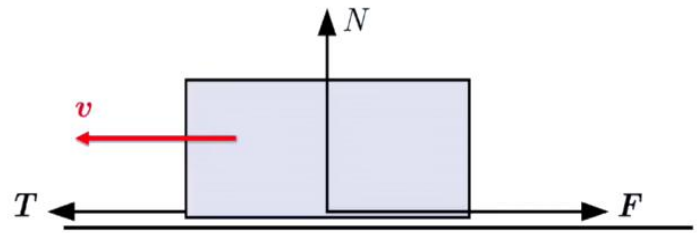
Notes

Summary



3m 51s

Propriété : **friction cinétique**



$$\mathbf{F} = -\mu_c |N| \frac{\mathbf{v}}{|\mathbf{v}|}$$

Coefficient de frottement cinétique

$$\mu_c < \mu_s$$

Mécanique | 2013 28

Cette valeur de seuil, que j'appelle F_{max} , est proportionnelle à la force de réaction du support sur l'objet. Et le coefficient, on le note μ_s , et on l'appelle le coefficient de frottement statique. Maintenant, si on va au-delà de ce seuil, l'objet se déplace, donc je suppose que maintenant j'ai un glissement à une vitesse v , et je parle donc de friction cinétique pour dire qu'il y a un déplacement. Cette force de frottement, maintenant, expérimentalement, on peut la modéliser, en disant qu'elle est opposée à la vitesse, et elle est proportionnelle à la force de réaction du support de l'objet. Et le coefficient μ_c s'appelle le coefficient de frottement cinétique. Expérimentalement, on observe que le coefficient de frottement cinétique est plus petit que le coefficient de frottement statique. Je vous propose maintenant de faire une pause et d'essayer par vous-mêmes de faire un dessin de la force de frottement, qui représente les deux modèles que je viens d'évoquer, le modèle de frottement statique et le frottement cinétique.

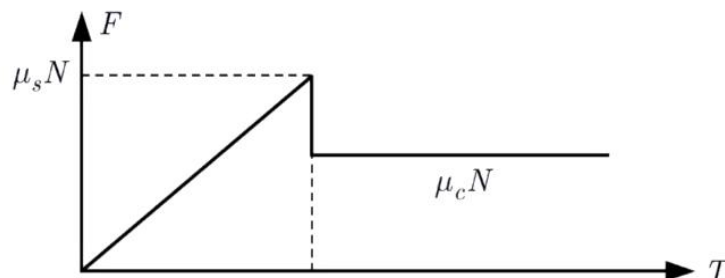
Notes

Summary



5m 16s

Modèle de frottement sec



Mécanique | 2013 29

Alors voilà ma façon de représenter ce que j'ai dit jusqu'à maintenant, quand on tire avec une force en-dessous d'un seuil, la force de frottement s'ajuste exactement, donc ici on a une pente de 1, la force de frottement est égale et opposée à la force de traction, jusqu'à une limite, qui est donnée par μ_s fois la force de réaction du sol, au-delà de cette limite, on a le modèle de frottement cinétique où la force est, en première approximation indépendante de la vitesse, et vaut le coefficient du frottement cinétique fois la force de réaction.

Notes

Summary



6m 46s

Modèle de frottement visqueux



Faible vitesse :

η : viscosité

$$\mathbf{F} = -k\eta\mathbf{v}$$

k : coefficient géométrique

$$k = 6\pi R \quad (\text{sphère de rayon } R)$$

Vitesse plus grande:

ρ_{fl} densité du fluide

$$\mathbf{F} = -C_x \frac{1}{2} \rho_{\text{fl}} v^2 S \left(\frac{\mathbf{v}}{v} \right)$$

C_x coefficient de traînée

S aire projetée

Mécanique | 2013 37

Maintenant dans le cas visqueux, quelle que soit la force de traction, sur une surface horizontale, par exemple, on a tout de suite un déplacement, et dans la limite des frottements faibles, on a quelque chose comme ça, ici je vous donne la force pour le déplacement dans un fluide, un fluide qui aurait une viscosité notée η et il y a un coefficient géométrique ici, η est une propriété du fluide, k dépend de la forme de l'objet qu'on veut déplacer dans le fluide, et on a par exemple, pour fixer les idées, k vaut $6\pi r$ pour une sphère de rayon r . Ça, c'est dans la limite des déplacements très faibles. Voilà une force proportionnelle à la vitesse. C'est le genre de modèle qu'on a utilisé jusqu'à maintenant quand on voulait introduire un frottement. Maintenant si on a un objet qui se déplace dans un fluide, on a des effets dits "hydrodynamiques" qui interviennent, à vitesse plus grande, un peu plus grande. On a une formule comme ceci, ici on a un vecteur unité, pour dire que la force s'oppose au déplacement, et les grandeurs qui interviennent ici sont la densité du fluide, un coefficient sans dimension qui caractérise la finesse de l'objet, par exemple pour une aile d'avion, on définit un coefficient de traînée, et puis, la force dépend aussi de la surface projetée, c'est la projection, de l'objet sur le plan perpendiculaire à la vitesse.

Notes

Summary



Modèle de frottement visqueux



Faible vitesse :

η : viscosité

$$\mathbf{F} = -k\eta\mathbf{v}$$

k : coefficient géométrique

$$k = 6\pi R \quad (\text{sphère de rayon } R)$$

Vitesse plus grande:

ρ_{fl} densité du fluide

$$\mathbf{F} = -C_x \frac{1}{2} \rho_{\text{fl}} v^2 S \left(\frac{\mathbf{v}}{v} \right)$$

C_x coefficient de traînée

S aire projetée

Mécanique | 2013 37

Voilà, on ne peut pas aller beaucoup plus loin, si on va à des vitesses plus grandes, on a des turbulences, les choses deviennent extrêmement compliquées, et de toute manière ici on entre dans le domaine de l'hydrodynamique, on quitte la simple mécanique newtonienne du point matériel.

Notes

Summary

