Autres forces

Mécanique, cours 14.1

Jean-Philippe Ansermet

http://go.epfl.ch/traite-meca-1-14

Video

Autres forces

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

Guten Tag, willkommen zur Vorlesung der allgemeinen Physik an der EPFL. Bis jetzt haben wir gelernt, die newtonsche Mechanik mit der Gewichtskraft, der Gravitationskraft, der Rückstellkraft einer Feder, der zur Geschwindigkeit proportionalen Reibungskraft und der zu den geometrischen Gegebenheiten gehörenden Kraft zu betreiben. In dieser Stunde möchte ich noch andere Kräfte einführen. Ich möchte zuerst die Coulomb-Kraft zwischen zwei punktuellen Ladungen einführen, danach die zu einem elektrischen Feld zugehörige Kraft, anschliessend die Kraft eines geladenen Teilchens in einem magnetischen Feld und zum Schluss möchte ich noch einige Modelle von Reibungskräften betrachten.

Notes

Summary

0m 04s

Définition : force de Coulomb

Deux charges ponctuelles : q_1 q_2

$$\boldsymbol{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\,\frac{\boldsymbol{r}}{r}$$

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8.988\,10^9\,\frac{Nm^2}{C^2}$$

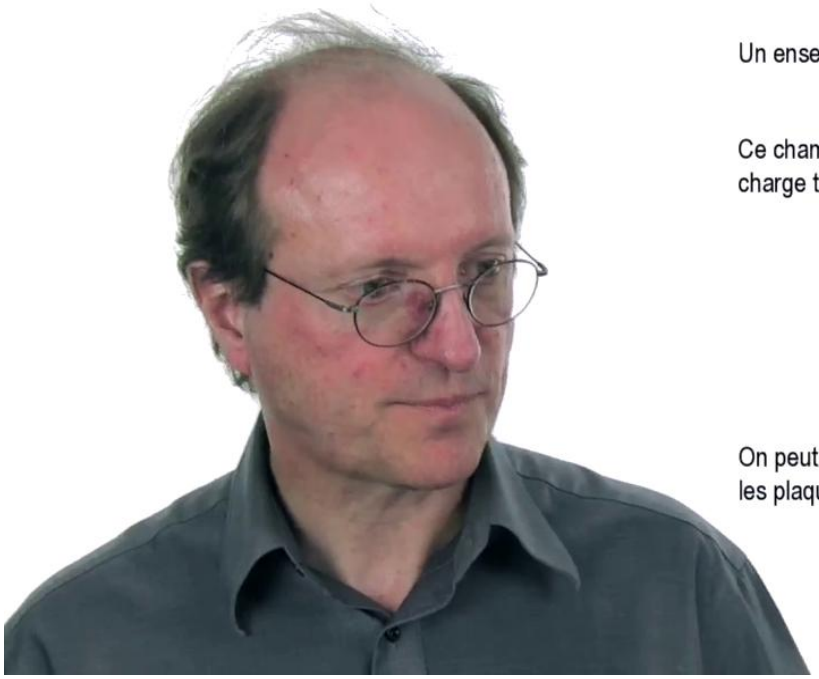
Ich beginne mit der Coulombkraft. Angenommen ich haben zwei punktuelle Ladungen *q1* und *q2*. Es existiert eine Kraft zwischen diesen beiden Ladungen, welche die gleiche Struktur wie die Gravitationskraft besitzt. Es handelt sich also um eine Kraft welche den Term *1/r²* und das Produkt der beiden Ladungen beinhaltet. Der Proportionalitätsfaktor für Coulombkraft ist *1 / (4 Π ε 0)*, wessen Wert hier in SI-Einheiten angegeben ist. Wenn der Vektor, welchen ich hier gezeichnet habe, die beiden Ladungen *q1* und *q2* verbindet, dies ist *r*, und wenn die Ladungen von *q1* und *q2* das gleiche Vorzeichen besitzen, ist dieser Koeffizient positive. Die Kraft zeigt also in diese Richtung hier. Dies ist ein bereits bekanntes Resultat. Zwei gleich geladene Teilchen stossen sich ab. Die Kraft ist also abstossend. Sie geht in diese Richtung.

Notes

Summary

0m 59s

Définition : champ électrique



Un ensemble de charges produit un champ électrique $\boldsymbol{E}$

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

$$\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{E}$$

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

Ich wechsle nun zur Kraft, welche durch ein elektrisches Feld erzeugt wird. Für eine gegebene Ladungsverteilung kann man das von ihnen erzeugte elektrische Feld berechnen. In einer Vorlesung zur Elektrodynamik werdet ihr sehen, wie ein solches Feld berechnet werden kann. Das elektrische Feld beschreibt die von einer Testladung *q*, in der Präsenz einer gegebenen Ladungsverteilung, erfahrene Kraft. Die Kraft schreibt sich also *q* mal das elektrische Feld. Im Kontext dieser Vorlesung ist es ausreichend, sich zu merken, dass durch einen planaren Kondensator, also durch zwei parallele und geladene Metallplatten, ein gleichförmiges elektrisches Feld erzeugt wird.

Notes

Summary

2m 18s

Définition : force de Lorentz

En présence d'un champ d'induction magnétique $\boldsymbol{B}$

une charge q de vitesse $\boldsymbol{v}$

subit une force : $\boldsymbol{F} = q\boldsymbol{v} \wedge \boldsymbol{B}$

Mécanique | 2013 19

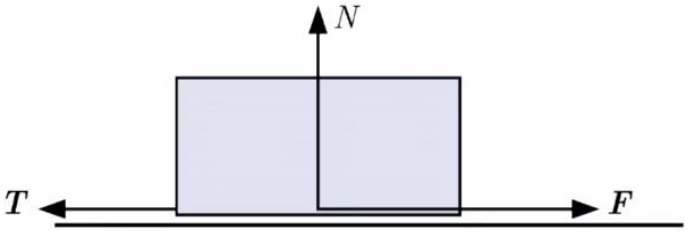
Ich wechsle nun zur Lorentzkraft. Betrachten wir ein magnetisches Feld *B*, in welchem sich eine Ladung mit der Geschwindigkeit *v* fortbewegt. Die Geschwindigkeit *v* ist gemessen in jenem Bezugssystem, in welchem das magnetische Feld erzeugt wird. Diese Ladung im magnetischen Feld erfährt eine Kraft, welche sich als $qv \wedge B$ schreibt. Im anderen Modul werden wir die Bewegung einer Ladung in einem konstanten und gleichförmigen magnetischen Feld analysieren.

Notes

Summary

3m 16s

Propriété : limite de la friction statique



Mécanique | 2013 21

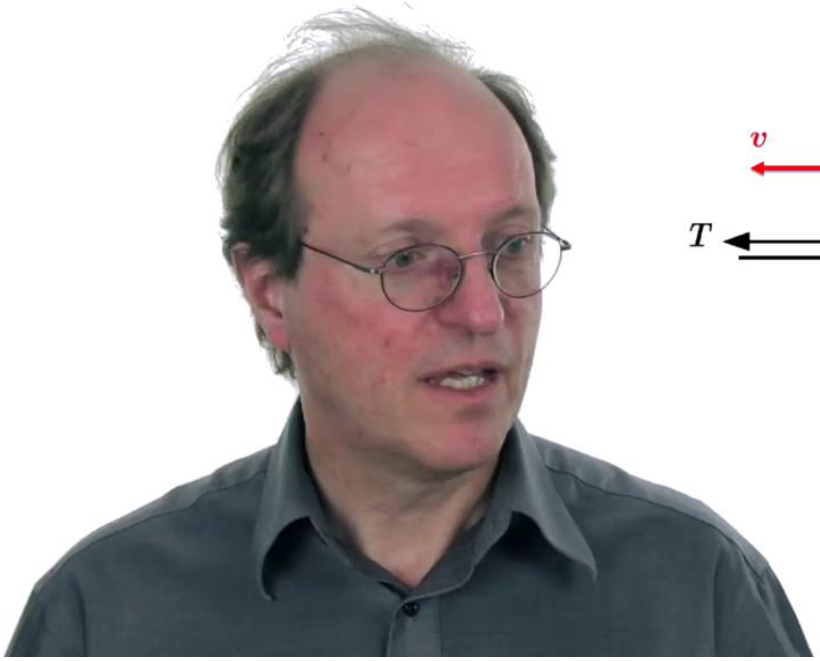
Ich wechsle nun jedoch zum der Reibungskraft. Im alltäglichen Leben sind wir es uns gewohnt, Reibungskräfte zu erfahren. Ich möchte hier den Fall eines auf einem Tisch aufgestellten Blocks oder einer auf dem Boden aufgestellten Kiste behandeln. Ihr wisst, dass, wenn ihr an dieser Kiste nicht ausreichend stark zieht, sich diese nicht bewegt. Wieso bewegt sie sich nicht? Weil eine Reibungskraft vorhanden ist. Was ist der Wert dieser Reibungskraft? Sie justiert sich, sodass sich die Kiste nicht bewegt. Bis anhin haben wir verschiedene Kräfte betrachtet. Zum Beispiel haben wir die Coulombkraft betrachtet. Anhand dieser Kann die Kraft zwischen zwei Ladungen mit gegebener Position berechnet werden. Hier hängt die Kraft, diese Kraft hier, welche die Reibungskraft darstellt, vom Zug, welcher auf die Kiste ausgeübt wird, ab. Nun, es existieren doch gewisse Regeln, welche wir ableiten können. Apropos, in einer solchen Situation wird die Reibungskraft als Haftreibung bezeichnet. Es existiert eine Regel für die Haftreibung, dass die Kraft T nur bis zu einem gewissen Limit vergrössert werden kann. Die Kraft F verhindert die Bewegung der Kiste, bis eine gewisse Grenze erreicht ist.

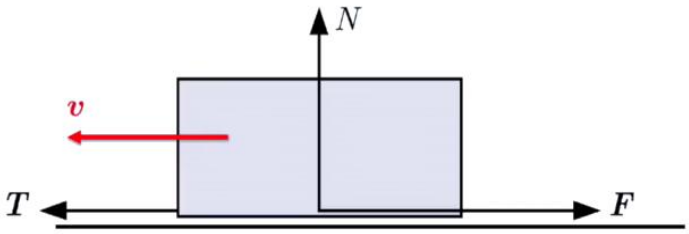
Notes

Summary

3m 51s

Propriété : friction cinétique





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

icient de frottement cinétique

$$\mu_c < \mu_s$$

Mécanique | 2013 28

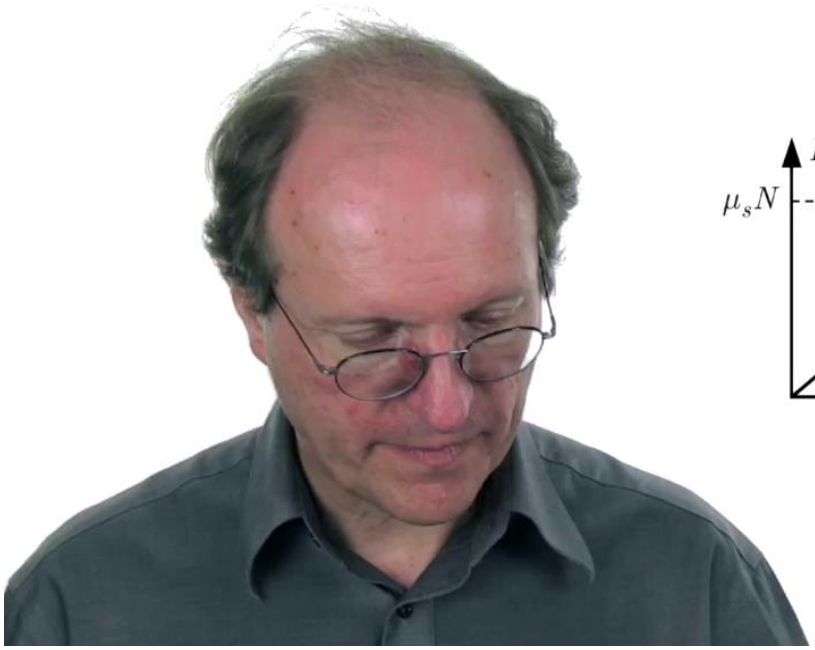
Diese Schwelle, welche ich *Fmax* nenne, ist proportional zur Reaktionskraft, welche der Träger auf das Objekt auswirkt. Den Proportionalitätskoeffizienten, geschrieben als μs, nennt man Haftreibungskoeffizient. Wenn man nun diese Schwelle überschreitet, bewegt sich das Objekt. Ich nehme nun an, das Objekt bewege sich mit einer Geschwindigkeit *v*. Wir sprechen nun von kinetischer Reibung, um die Bewegung des Objekts zu unterstreichen. Diese Reibungskraft, kann man anhand von Experimenten modellieren. Diese ist der Geschwindigkeit entgegengesetzt und sie ist proportional zur Reaktionskraft des Trägers des Objekts. Den Koeffizienten μc nennt man Gleitreibungskoeffizient. Anhand von Experimenten kann man beobachten, dass der Gleitreibungskoeffizient kleiner als der Haftreibungskoeffizient ist. Ich schlage euch nun vor, eine Pause zu machen und selbst zu versuchen, eine Zeichnung der Reibungskraft zu machen, welche die von mir zuvor genannten Modelle, Haftreibung und Gleitreibung, beschreibt.

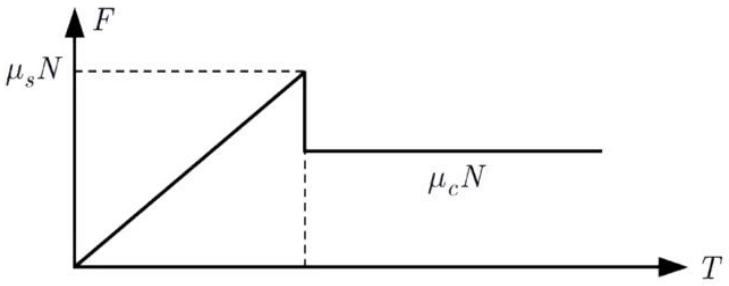
Notes

Summary

5m 16s

Modèle de frottement sec





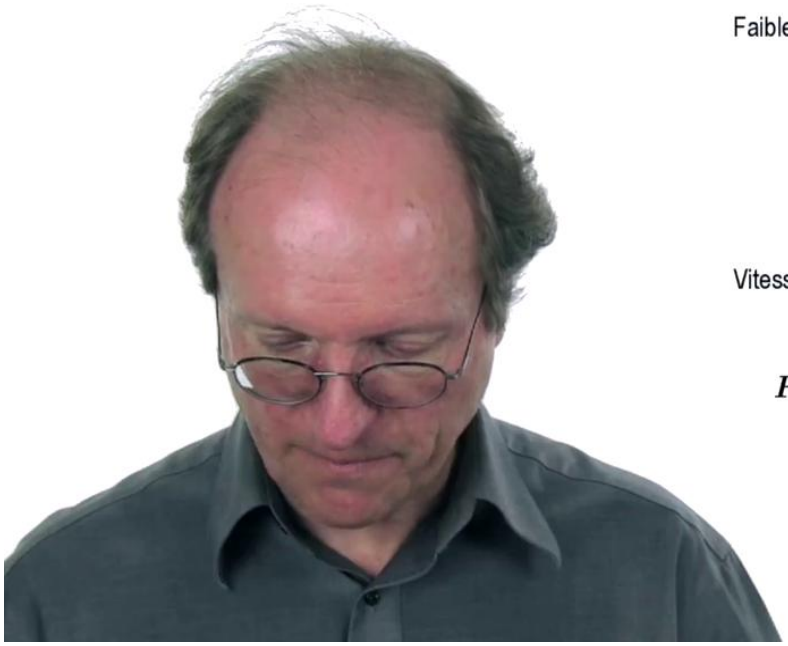
Hier ist meine Art, diese Modelle zu beschreiben. Wenn man mit einer Kraft unterhalb der Schwelle zieht, justiert sich die Reibungskraft. Hier haben wir also eine Steigung von eins. Die Reibungskraft ist gleich und der Zugkraft entgegengesetzt, bis zu einer gewissen Limite, welche durch das Produkt von μs mit der Reaktionskraft des Trägers geben ist. Jenseits dieser Limite, haben wir das Modell der Gleitreibung, in welcher die Kraft, zumindest in erster Annäherung, unabhängig von der Geschwindigkeit ist und dem Produkt des Gleitreibungskoeffizienten mit der Reaktionskraft entspricht.

Notes

Summary

6m 46s

Modèle de frottement visqueux



Faible vitesse :

η : viscosité

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

k : coefficient géométrique

$k = 6\pi R$ (sphère de rayon R)

Vitesse plus grande:

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

ρ_{fl} densité du fluide

C_x coefficient de traînée

S aire projetée

Mécanique | 2013 37

Nun, wenn sich das Objekt in einem viskosen Medium befindet, unabhängig der Zugkraft, auf einer horizontalen Ebene zum Beispiel, hat man von Anfang an eine Bewegung. Für schmale Reibungskräfte, kann diese Kraft so modelliert werden. Hier gebe ich euch die Kraft für die Bewegung einem Fluid, welche eine Viskosität η besitzt. Es hat einen geometrischen Koeffizienten hier, η ist eine Eigenschaft des Fluids, *k* hängt von der Form des Objekts ab, welches man bewegen möchte. Um eine Idee zu geben, für eine Kugel mit Radius r entspricht *k* dem Term *6 Π r*. Dies ist für schwache Reibungskräfte. Voilà eine Kraft proportional zur Geschwindigkeit. Dies ist die Art von Modell, welches wir bis jetzt verwendet haben, um eine Reibung einzuführen. Nun, wenn wir ein Objekt haben, welches sich in einem Fluid fortbewegt, haben wir hydrodynamische Effekte, welche bei höheren Geschwindigkeiten auftauchen. Wir haben eine Formel der folgenden Art. Hier haben wir einen Einheitsvektor, um zu sagen, dass sich die Kraft der Bewegung entgegensetzt. Die Grössen welche hier intervenieren sind die Dichte des Fluids und ein Koeffizient ohne Einheit, welcher die Feinheit des Objekts charakterisiert.

Notes

Summary

7m 32s

Modèle de frottement visqueux

Faible vitesse :

η : viscosité

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

k : coefficient géométrique

$k = 6\pi R$ (sphère de rayon R)

Vitesse plus grande:

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

ρ_{fl} densité du fluide

C_x coefficient de traînée

S aire projetée

Zum Beispiel für einen Flugzeugflügel definieren wir einen Strömungswiderstandskoeffizienten. Die Kräft hängt auch von der projizierten Oberfläche ab, sprich von der Projektion des Objekts auf die zur Geschwindigkeit senkrechten Fläche. Voilà, wir können nicht viel weiter gehen. Bei höheren Geschwindigkeiten würden ebenfalls Turbulenzen auftauchen, was alles sehr stark verkompliziert. In jedem Falle beginnen wir hier mit dem Gebiet der Hydrodynamik und verlassen die einfache newtonsche Mechanik des Massepunkts.

Notes

Summary

9m 01s