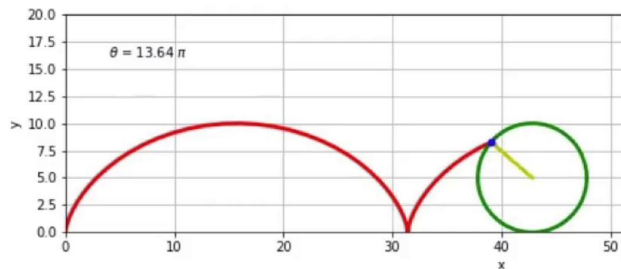


Roulement sans glissement

Prof. Cécile Hébert

Physique générale : mécanique



masse point moment d'inertie fonction l'objet
 mouvement expression utiliser ez matière cylindre support besoin écrire haut solution négatif
 complexe multiplié nouveau pouvons tout p permet l'espace se déplace courbe
 bien toute plan quantité m2 simplement cours verticale se déplace courbe
 produit l'objet solution négatif choc vaut zéro
 distance se passe l'intégrale réaction base mg degré l'expression lui théorème maximum θ objet vecteur vitesse
 particule prends l'énergie cinétique l'produit scalaire axe multiplié nouveau pouvons tout p permet l'espace se déplace courbe
 dépend faible morceau place déplacement celle rotation deuxième cercle produit vectoriel l'énergie mécanique
 égale temps rotation direction lien entre Newton Prenons reste fixe barre rho l'axe grand vers carré ceci l'origine rapport coordonnée position référentiel
 j'obtiens nulle prendre l'angle notion onga moment translation obtenir exactement R l'énergie potentielle vecteur position autour voyons dérivée grand vers carré ceci l'origine rapport coordonnée position référentiel
 loi doit chapitre forme exemple omega moment translation obtenir exactement R l'énergie potentielle vecteur position autour voyons dérivée grand vers carré ceci l'origine rapport coordonnée position référentiel
 simple alpha poulie ue signifie trois important soit phi repère l'accélération vecteur rotation accélération mouvement circulaire moment cinétique contact change trouver positif puisque manière m

Video



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

Quand on a une roue qui roule sans glisser, la vitesse du point de contact avec le sol est nulle. Vous avez peut-être déjà entendu ça et ça vous a peut-être paru très bizarre. Nous allons voir comment le modèle de frottement, le fait que la roue roule sans glisser, nous permet d'expliquer ceci et également le lien entre la vitesse de rotation et la vitesse de translation. Nous sommes dans le chapitre 5 : Forces et application 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

Nous allons voir le roulement d'une roue sans glisser, qui est une application des frottements secs.

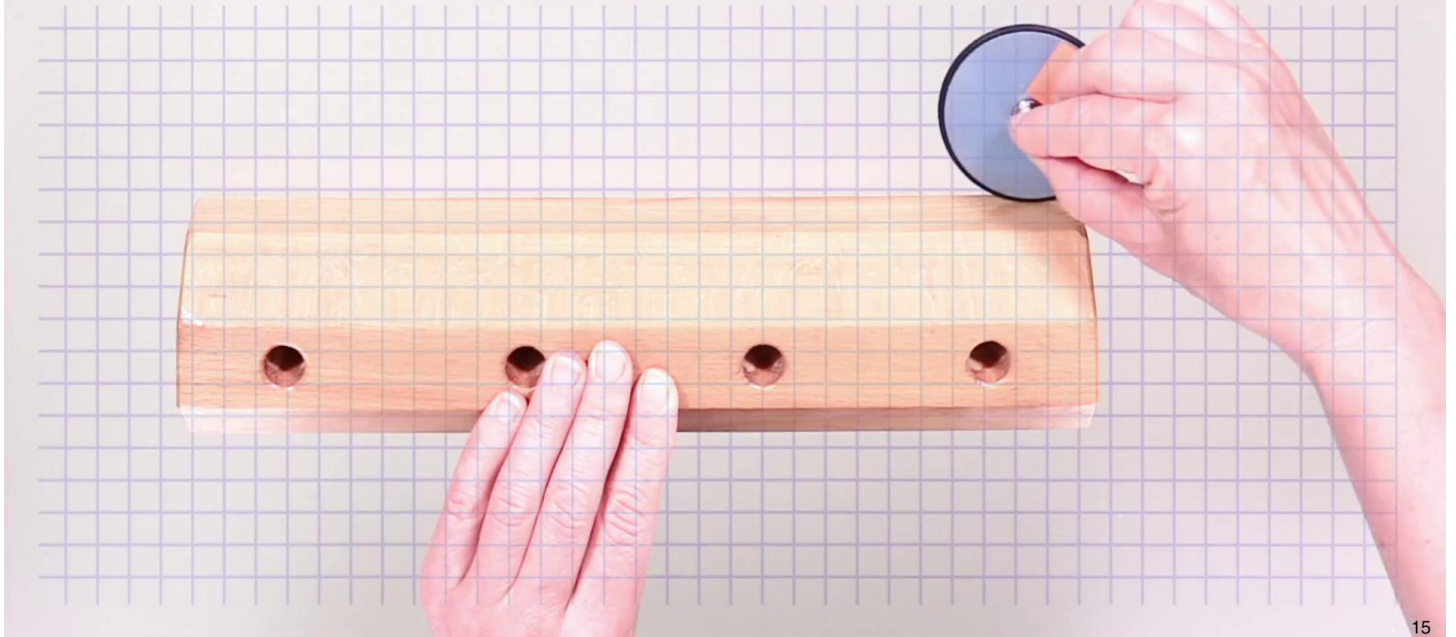
Notes

Summary



0m 38s

V - 3 Roulement d'une roue



Je dispose d'une roue qui peut se déplacer et tourner autour de son axe. Je vais faire rouler cette roue alors qu'elle est en contact avec un support immobile. Une marque orange permet de repérer un point particulier de la roue.

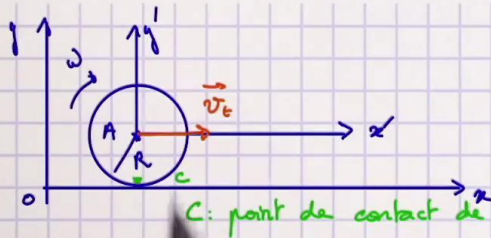
Notes

Summary



0m 45s

V - 3 Roulement d'une roue

Roue de rayon R \vec{v}_t vitesse de translation (vitesse de A) \vec{e}_x ω vitesse de rotation C : point de contact de la roue avec le sol

15

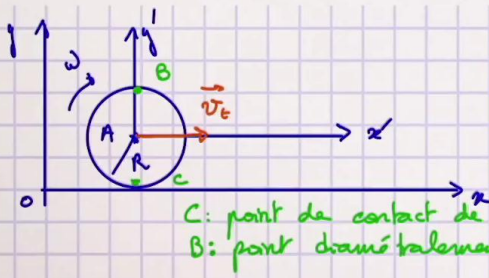
Dans mon référentiel du laboratoire, muni d'un repère cartésien O, x, y , ce référentiel étant fixe, je place ma roue. Elle est posée sur le sol. La roue a comme centre A . Je lie un repère A, x', y' à ma roue. La roue a à la fois un mouvement de rotation avec la vitesse angulaire ω et un mouvement de translation avec la vitesse de translation V_t . Par ailleurs, j'appelle R , le rayon de la roue. La vitesse de translation est la vitesse de A . Je suppose qu'elle est constante. Si je me place dans le référentiel de la roue et que je suis la roue dans son déplacement, à ce moment-là, je la verrai simplement tourner autour de son axe à la vitesse angulaire ω . Par contre, si je me place dans le référentiel R , je verrai à la fois la vitesse de translation et la vitesse de rotation. Le but va être de trouver un lien entre ces deux vitesses ainsi que des propriétés liées au déplacement de la roue. Nous allons choisir deux points particuliers. Nous allons appeler C le point de contact de la roue avec le sol. C'est le morceau de matière de la roue, donc vraiment les atomes de la roue, qui sont en contact avec le sol à l'instant t . Nous appellerons B le point diamétralement opposé.

Notes

Summary



V - 3 Roulement d'une roue

Roue de rayon R \vec{v}_t vitesse de translation (vitesse de \vec{e}_t) ω vitesse de rotation

15

Le point C est ici matérialisé par la marque orange. La condition est que la roue roule sans glisser. Cette condition impose que les atomes de la roue, donc le morceau de matière matérialisé par la marque orange, ne glissent pas par rapport au sol matérialisé par la barre que j'ai là. Si ce morceau de matière glisse par rapport au sol, cela revient à dire que sa vitesse est différente de la vitesse du sol. Or, comme j'ai la condition roulement sans glissement, cela signifie que le petit morceau de matière de la roue qui est en contact avec le sol ne peut pas se déplacer. Sa vitesse doit être nulle. Elle n'est nulle que lorsqu'il est en contact avec le sol. Dans le déplacement de la roue, ce point ensuite se détache du sol, mais il est immédiatement remplacé par un autre point de la roue en contact avec le sol. Donc, un instant plus tard, le point C coïncide avec d'autres atomes de la roue. C'est exclusivement au moment où le morceau de matière arrive en contact avec le sol que sa vitesse est nulle. Je vais prendre deux référentiels. Le référentiel R cartésien avec son repère O, x, y fixe et le référentiel R' avec son repère cartésien A, x', y' qui se déplace dans R à la vitesse V_t .

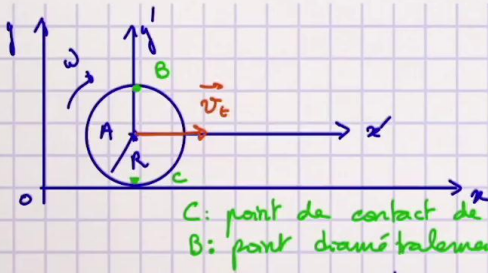
Notes

Summary



2m 53s

V - 3 Roulement d'une roue

Roue de rayon R \vec{v}_t vitesse de translation (vitesse de A) \vec{v}_t ω vitesse de rotationC: point de contact de la roue avec le sol
B: point diamétralement opposé - $R(0, x, y)$ fixe $R'(A, x', y')$ se déplace dans R à \vec{v}_t translation sans rotation

$$\vec{v}_R(C) = \vec{0} \quad \vec{v}_R(C) = \vec{v}_R(A) + \vec{v}_{R'}(C) \quad \vec{0} = \vec{v}_t + \vec{v}_{R'}(C) \quad \vec{v}_{R'}(C) = -\vec{v}_t$$

$$|\vec{v}_{R'}(C)| = R\omega = |\vec{v}_t|$$

15

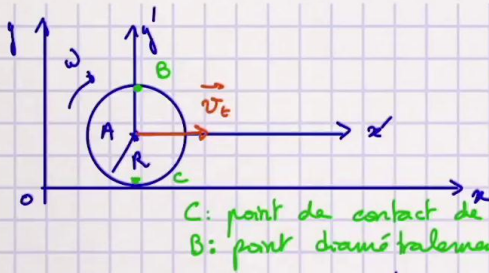
C'est le référentiel lié à la roue. Les axes x' et y' ne tournent pas par rapport aux axes x et y . J'ai donc un simple mouvement de translation sans mouvement de rotation. Le point C étant le point de la roue en contact avec le sol, la vitesse dans le référentiel R du point C est égale à la vitesse nulle. Comme j'ai un mouvement de translation, la vitesse dans R de C est égale à la vitesse dans R de l'origine de R' A plus la vitesse dans R' de C . La vitesse dans R de C vaut 0. La vitesse dans R du point A est la vitesse de translation de la roue V_t . J'ai donc 0 qui est égal à V_t plus la vitesse dans R' de C . La vitesse dans R' de mon point C est donc égale à $-V_t$. Je me place donc dans le référentiel de la roue. Dans ce référentiel, la roue est fixe et je l'observe en train de tourner. Nous venons de voir que la vitesse dans le référentiel de la roue du point C est égale à $-V_t$. Or, ce point est à la distance grand R du centre, c'est le rayon de la roue. La norme de la vitesse, si j'ai un mouvement de rotation, est $R\omega$. Donc, la norme de V dans R' de C est égale à grand $R\omega$. C'est aussi la norme de V_t . Et cela me donne donc la relation entre la vitesse de translation V_t et la vitesse de rotation.

Notes

Summary



V - 3 Roulement d'une roue



Roue de rayon R

 \vec{v}_t vitesse de translation (vitesse de \vec{v}_t) ω vitesse de rotationR(0, x, y) fixe R'(A, x', y') se déplace dans R à \vec{v}_t translation sans rotation

$$\vec{v}_R(C) = \vec{0} \quad \vec{v}_R(C) = \vec{v}_R(A) + \vec{v}_{R'}(C) \quad \vec{0} = \vec{v}_t + \vec{v}_{R'}(C) \quad \vec{v}_{R'}(C) = -\vec{v}_t$$

$$|\vec{v}_{R'}(C)| = R\omega = |\vec{v}_t| \Rightarrow v_t = R\omega$$

$$\vec{v}_{R'}(B) = \vec{v}_t$$

$$\vec{v}_R(B) = \vec{v}_R(A) + \vec{v}_{R'}(B) = \vec{v}_t + \vec{v}_t = 2\vec{v}_t$$

Dans R C a une vitesse nulle

B se déplace à $2v_t$

15

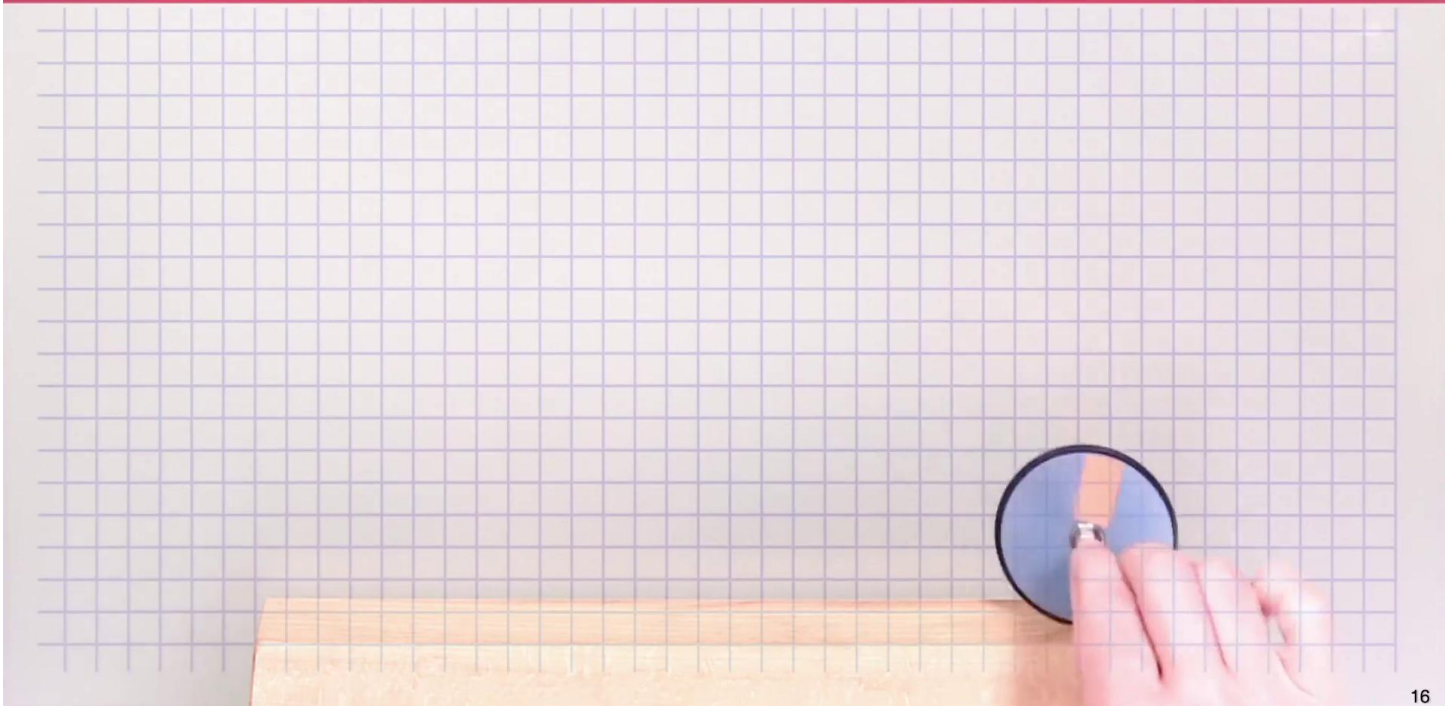
La norme de la vitesse de translation est égale à grand R oméga. Par ailleurs, dans le référentiel de la roue, toujours, le point B se déplace aussi avec une vitesse qui a comme norme V_t . Mais par contre, il va avancer dans la direction des x' positifs, qui est la direction des x positifs. Donc la vitesse dans le référentiel de la roue qui est R' du morceau de matière lié à la roue diamétralement opposé à C est $+V_t$. La vitesse dans R' de B est égale à $+V_t$. Or, la vitesse dans R de B est égale à la vitesse dans R de A plus la vitesse dans R' de B. La vitesse dans R de A était égale à V_t , c'est la vitesse de l'origine de R' et la vitesse dans R' de B est égale à V_t . C'est donc égal à V_t plus V_t , soit $2V_t$. Dans le référentiel R, le point C se déplace à une vitesse nulle et le point B se déplace à deux fois la vitesse de translation.

Notes

Summary



V. Forces V - 3 Roulement d'une roue



Nous allons maintenant essayer de suivre dans l'espace la trajectoire suivie par le point orange.

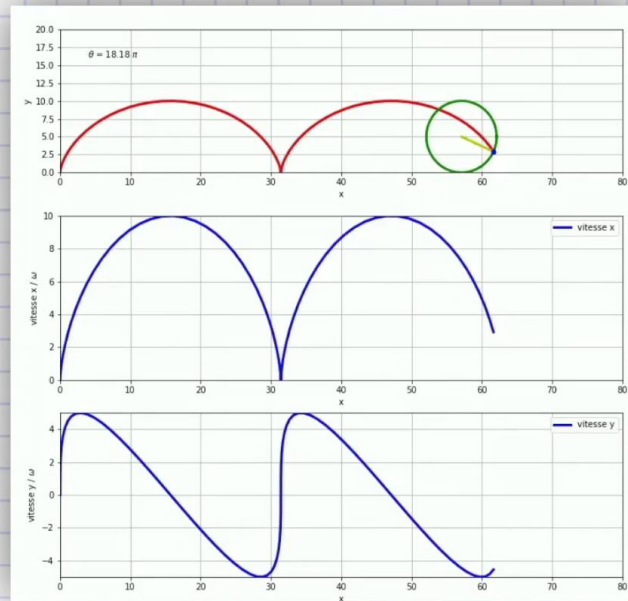
Notes

Summary



8m 03s

V. Forces V - 3 Roulement d'une roue



16

On voit que le point orange a à la fois un mouvement de translation, mais aussi un mouvement où il monte et descend. Regardons maintenant ce qui se passe sur cette petite animation. La partie supérieure représente la roue et je vais la voir passer, mais le point marqué tout à l'heure en orange laisse maintenant une trace rouge sur le papier. Attention, le point de contact change. Lorsque la roue a avancé, le point qui est marqué ici en orange n'est plus le point C. Voyons la trace qu'elle laisse. On voit que lorsqu'elle fait plusieurs tours, la marque orange laisse une trace qui monte, qui descend et qui, à un certain moment, arrive en contact avec le sol et fait demi-tour. Lorsqu'un objet fait demi-tour, il y a bien un moment où il doit être immobile. Si on regarde plus lentement, on voit ici la marque qui avance, s'appuie sur le sol, hésite, fait demi-tour et repart dans l'autre sens. Les courbes bleues représentent, celle-ci la vitesse selon l'axe x, donc horizontale et la composante de la vitesse selon l'axe vertical. Si je place la roue de telle manière que le point orange soit exactement en contact avec le sol, je vois que la vitesse horizontale est nulle et la vitesse verticale est nulle.

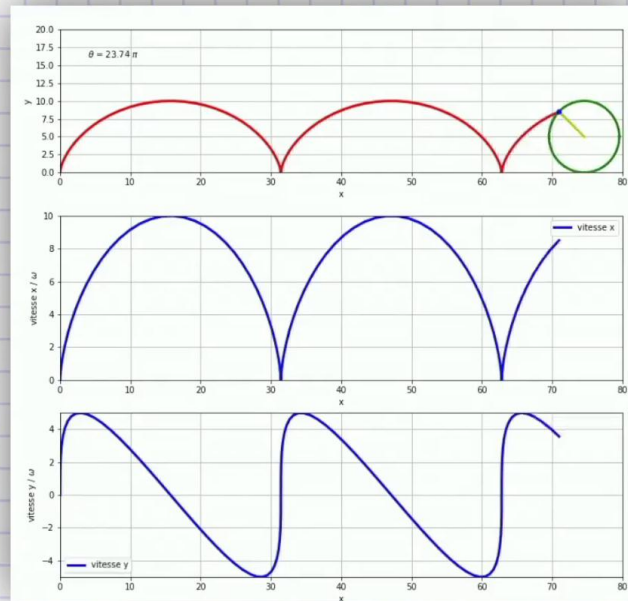
Notes

Summary

8m 12s



V. Forces V - 3 Roulement d'une roue



16

Cela correspond bien au fait que la vitesse de ce morceau de matière est nulle. La vitesse horizontale ne peut être que positive. Le morceau de matière de la roue se déplace toujours vers les x positifs. Par contre, sa vitesse verticale peut être positive ou négative. Ce morceau de matière monte et redescend. Il monte dans la première partie, redescend dans la deuxième. Cette courbe s'appelle une cycloïde.

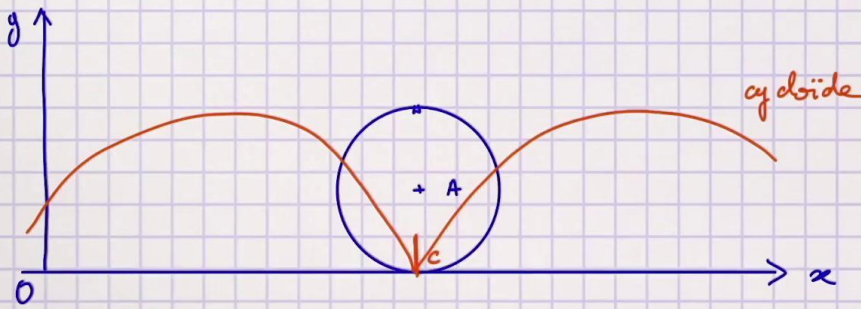
Notes

Summary



10m 02s

V. Forces V - 3 Roulement d'une roue



la vitesse du point de la roue en contact avec le sol est nulle

$$\begin{aligned}\vec{v}_R(B) &= 2 \vec{v}_t \\ \vec{v}_R(A) &= \vec{v}_t \\ \vec{v}_R(C) &= \vec{0}\end{aligned}$$

$$v_t = R \omega$$

16

En résumé, lorsque la roue se déplace en roulant sur le sol, si je prends un morceau de matière particulier de la roue, ce morceau de matière décrit une courbe que l'on appelle une cycloïde. Lorsque le morceau de matière est en contact avec le sol, il devient le point C et sa vitesse est nulle. Par ailleurs, la vitesse dans le référentiel R, qui est le référentiel O, x, y du point de matière à l'opposé du point en contact avec le sol, V dans R de B est égale à deux fois la vitesse de translation. La vitesse dans R du centre de la roue A est égale à la vitesse de translation. La vitesse dans R du point en contact avec le sol est nulle et j'ai le lien entre la vitesse de translation et la vitesse de rotation en norme V_t égale grand $R \omega$.

Notes

Summary

10m 36s





Voilà, j'espère que cette notion de roue qui roule sans glisser, toujours assez complexe à visualiser, est un petit peu plus claire. Vous pourrez utiliser sans problème la relation entre vitesse de rotation et vitesse de translation.

Notes

Summary



11m 47s