Fénelon Sainte-Marie
La Plaine Monceau
GROUPE SCOLAIRE

Physique

TRAVAUX DIRIGES n°4

PC/PC*

2024-2025

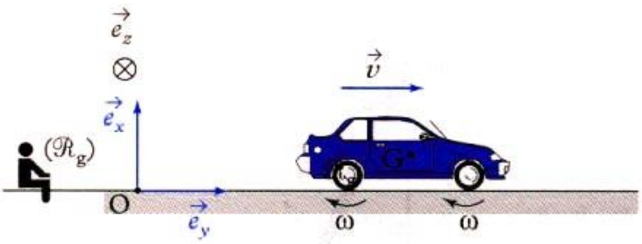
Thème : Mécanique du solide-Frottement solide

Mardi 17 septembre 2024

ME304 – Freinage d'une voiture *(Brieuc / Hedwige)*

Une voiture S est composée d'un châssis de masse $M = 1{,}0\ t$ et de quatre roues de masse $m = 20\ kg$, de rayon $R = 0{,}3\ m$ et de moment d'inertie par rapport à leurs axes : $J = \frac{1}{2}.m.R^2$

Elle freine alors que sa vitesse est $v_0 = 130\ km.h^{-1}$.



On suppose que le mouvement est rectiligne et que les roues roulent sans glisser sur le sol, matérialisant le référentiel galiléen $R\left(O,\overrightarrow{e_x},\overrightarrow{e_y},\overrightarrow{e_z}\right)$.

1 – Exprimer l'énergie cinétique $E_c(S)$ de S à l'instant t. La calculer à $t = 0$ lorsque sa vitesse est v_0.

2 - Déterminer la distance d'arrêt d si la voiture est soumise à quatre couples de freinage constants $C_0 = 350\ N.m$ appliqués aux quatre roues.

ME310 – Kilomètre lancé

Une piste de kilomètre lancé présente une pente moyenne de 62,5 %.

Le skieur est chronométré à l'aide de deux capteurs distants de $100\ m$ dont le premier se trouve à $650\ m$ du point de départ.

Le skieur a une masse totale $m = 104\ kg$, l'air a une masse volumique $\rho = 0{,}910\ kg.m^{-3}$ à l'altitude de $2500\ m$. Le frottement de l'air sur le skieur se traduit par la force $\vec{F} = -\frac{1}{2}\rho C_x S.v\vec{v}$ où $C_xS = 0{,}83$ ici. Le facteur de frottement des skis avec la piste vaut $\mu = 0{,}02$. On prendra $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$.

a – Calculer l'angle moyen α que fait la piste avec l'horizontale.

b – On pose $a = g.(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$ et $b = \frac{\rho C_x S}{2m}$.

En supposant α constant, calculer en fonction de a et b la vitesse limite v_{lim} qu'on pourrait envisager avec une piste très longue.

c – Calculer la vitesse du skieur et la longueur parcourue à la date t sachant qu'à $t = 0$, $v = 0$.

A.N. Calculer la vitesse au bout de $650\ m$ et la force de frottement que l'air exerce alors.

On donne : $\int \frac{dx}{1-x^2} = \frac{1}{2}\ln\left|\frac{1+x}{1-x}\right|$

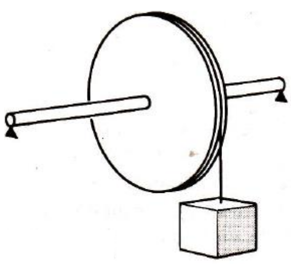
ME312 – Déroulement d'un fil *(Ariane)*

La poulie ci-contre a un rayon $R = 0{,}50\ m$, une masse $M = 20\ kg$, un moment d'inertie $J = \frac{1}{2}MR^2$ peut tourner autour de son axe horizontal et sans frottement. A l'extrémité libre de la corde (de masse négligeable) enroulée sur la poulie est suspendue une masse $m = 10\ kg$. $g = 10\ m.s^{-2}$. Calculer :

a) l'accélération angulaire de la poulie

b) l'accélération linéaire de la masse m

c) la tension de la corde.



ME314 – Déroulement d'un fil

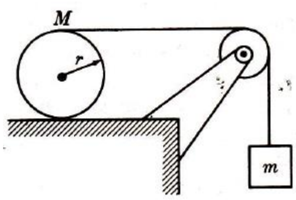
On donne : $r = 0{,}20\ m$; $M = 1{,}0\ kg$; $m = 0{,}20\ kg$; $g = 10\ m.s^{-2}$; $J = \frac{1}{2}Mr^2$

Le moment d'inertie de la poulie est négligé, et on considère que M roule sans glisser et que le fil est sans masse.

Calculer : a) l'accélération linéaire de m

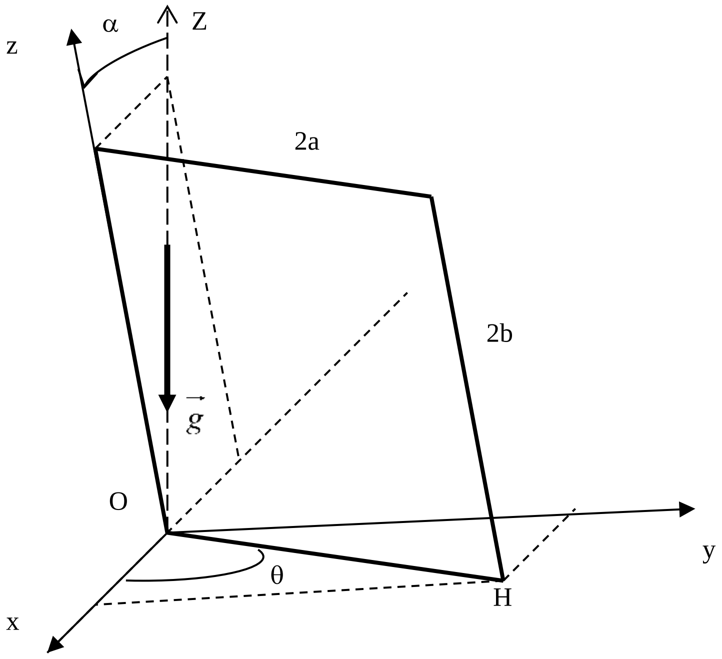
b) l'accélération angulaire du cylindre M

c) La tension de la corde.



Réponses : a) $\dot{v} = g\frac{1}{1+\frac{3M}{2m}}$; b) $T = \frac{3}{2}Mg$

ME316 - Mouvement de relaxation d'une porte *(Camille / Henri)*



On considère une porte rectangulaire de côtés $2a$ et $2b$ et de masse surfacique σ uniforme.
La porte peut tourner autour de l'axe de ses gonds (Oz) selon une liaison pivot parfaite.
La verticale locale (OZ) portant $\vec{g}$ fait un angle α avec (Oz) dans le plan (xOz).
On appelle θ l'angle polaire entre (Ox) et le côté OH de la porte.

1 – Qualitativement, prévoir en fonction de la valeur initiale θ_0 de θ d'où on lâche la porte sans vitesse initiale, le sens de rotation de la porte.
En déduire une méthode expérimentale pour repérer le plan (Z0z).

2 – Déterminer l'équation du mouvement de la porte

3 – Dans le cas où $\theta_0 << 1$, déterminer la période des petits mouvements.
En déduire une méthode expérimentale de détermination de α.

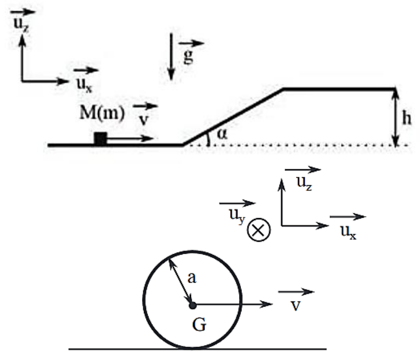
Données : $T = 2.\pi$ s ; $g = 10$ m.s^{-2} ; $\sigma = 10$ kg.m^{-2} ; $2a = 1m$; $2b = 2$ m.

Moment d'inertie de la porte par rapport à l'axe des gonds (Oz) : $J = \frac{1}{3}.a^3 b.\sigma$

Déterminer *sin* α.

4 – Examiner le cas $\alpha = 0$

ME318 – Cycliste en côte *(extrait de e3a – PC – 2019)*



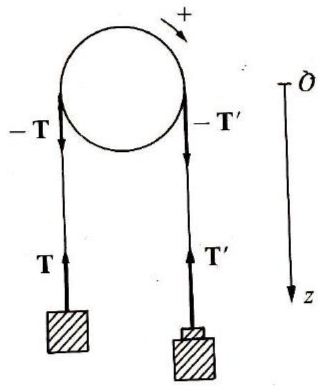
Le référentiel terrestre local $\mathfrak{R}$ est supposé galiléen.
On lance un point matériel M de masse m vers un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale. Ce point matériel est lancé avec une vitesse $\vec{v}$ horizontale. On négligera tout frottement.

1 – Quelle est la vitesse minimale v_0 de lancement pour que le point atteigne le sommet d'altitude h ?
Une roue de même masse m et de rayon a roule sans glisser sur un support horizontal. On note $\vec{\omega} = \omega\vec{u}_y$ le vecteur rotation instantanée de la roue et $\vec{v} = v\vec{u}_x$ la vitesse du centre d'inertie G de la roue.
2 – Etablir la relation liant v et ω.
3 – Donner l'expression de l'énergie cinétique de la roue dans le référentiel lié à l'axe de rotation de la roue en mouvement de translation à la vitesse $\vec{v}$ par rapport à $\mathfrak{R}$, en fonction du moment d'inertie $J = ma^2$ de la roue par rapport à l'axe $(G, \vec{u}_y)$. Puis donner l'expression de l'énergie cinétique totale de la roue dans le référentiel $\mathfrak{R}$.
4 – Déterminer en fonction de g et de h l'expression de la vitesse minimale de lancement v_0' pour que cette roue atteigne le sommet du profil de route à l'altitude h.
5 – Comparer v_0' à v_0. Ce résultat était-il prévisible ?

Réponses : 1) $v_{min} = \sqrt{2gh}$; 2) $v = a\omega$; 3) $E_c = mv^2$; 4) $v'_{min} = \sqrt{gh}$; 5) Le mouvement de rotation de la roue dont on tient compte du moment d'inertie possède aussi de l'énergie cinétique (translation + rotation) donc $v'_{min} < v_{min}$

ME326 - Expérience de Poggendorff *(Côme / Jean-Marc)*

Une machine d'Atwood est constituée par deux masses identiques M accrochées aux deux extrémités d'un fil sans masse passant sur une poulie d'axe horizontal, de rayon R, et de moment d'inertie J par rapport à son axe. On place une surcharge m sur l'une des deux masses. Le fil ne glisse pas sur la poulie, et la liaison pivot entre la poulie et son axe est idéale.



1 – Déterminer l'accélération linéaire que prend le système.

2 – L'axe de la poulie est maintenant fixé sous le plateau d'une balance ; on empêche la poulie de tourner (à l'aide d'un fil par exemple), et on équilibre la balance. En brûlant le fil qui retenait la rotation de la poulie, on abandonne le système sans vitesse initiale. La balance va-t-elle dévier, et si oui, quelle surcharge doit-on mettre pour rétablir l'équilibre ?

ME328 – Oscillateur amorti par frottement solide

Un mobile de masse m libre de se déplacer selon un axe (Ox) horizontal est accroché à un ressort de raideur k exerçant une force de rappel sur le mobile. Le support au contact du mobile exerce, quant à lui une force de frottement solide de coefficient de frottement f. On écarte le mobile d'une distance x par rapport à sa position d'équilibre de telle sorte que le ressort a une longueur supérieure à sa longueur à l'équilibre.

A $t = 0$, on lâche le mobile sans vitesse initiale.

1 - Montrer que le mobile ne se met en mouvement que si $x_0 > a$ où a est une constante dont on précisera l'expression.

2 - On suppose que la condition $x_0 > a$ est vérifiée. Montrer que le mouvement du mobile peut être décrit par l'équation différentielle :

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \epsilon f g \qquad \text{où} \qquad \begin{cases} \epsilon = 1 \ \ si\ \dot{x} < 0 \\ \epsilon = -1 \ \ si\ \dot{x} > 0 \end{cases}$$

3 - Etudier la première phase de compression du ressort et déterminer la date t_1 à laquelle la vitesse du mobile s'annule pour la première fois ainsi que l'élongation x_1 à cette date.

4 - A quelle condition sur x_0 le mobile rebrousse-t-il chemin ?

5 - Dans le cas où cette condition est vérifiée, étudier ensuite la phase d'extension du ressort. Déterminer en particulier l'expression de la date t_2 à laquelle le mobile s'arrête de nouveau.

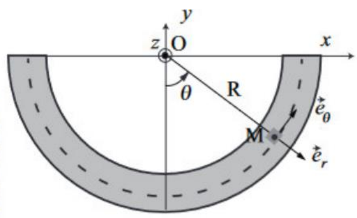
6 - Exprimer $x(t)$ à la $p^{ième}$ phase du mouvement ($p \in \mathbb{N}$).

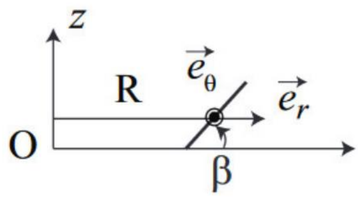
7 - Montrer que l'amplitude des oscillations décroit de $4a$ après chaque pseudo-période.

8 – Tracer l'allure de $x(t)$ pour 2 allers-retours avant arrêt.

ME330 – Course de stock-car

On modélise une portion de piste de stock-car par un arc de cercle horizontal de rayon $R = 150\ m$ et de centre O sur laquelle se déplace un véhicule de masse $m = 1{,}0 \times 10^3\ kg$. Le coefficient de frottement solide entre le pneu et la piste vaut $f = 0{,}7$.





1 - On considère dans un premier temps une piste horizontale ($\beta = 0$). Déterminer la vitesse maximale de la voiture pour qu'elle parcourt la piste sans glisser vers l'extérieur.

2 - Dans le cas d'une piste inclinée de $\beta = 20°$ vérifier qu'une voiture immobile sur la piste ne glisse pas vers l'intérieur de l'arc de cercle.

3 - Déterminer alors la vitesse maximale que peut atteindre une voiture sans glisser vers l'extérieur pour $\beta = 20°$. Commenter.