

Série 06 : Forces de frottement

1 Voiture dans un virage incliné

Une voiture de course roule à une vitesse horizontale de norme v constante sur un circuit circulaire de rayon R . La piste est inclinée d'un angle α par rapport l'horizontale (pour que la voiture soit penchée vers l'intérieur du virage). Le coefficient de frottement statique entre les pneus et la route vaut μ .

- Faire un dessin dans un plan vertical perpendiculaire à la vitesse de la voiture et y représenter toutes les forces s'exerçant sur la voiture.
- Quelle est la condition sur v pour que la voiture ne dérape pas vers l'extérieur du virage?

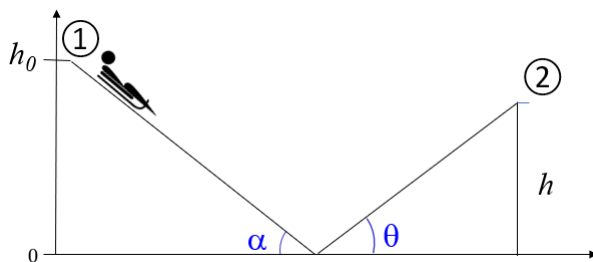
Application numérique : $g = 10 \text{ m/s}^2$, $R = 300 \text{ m}$, $\alpha = 15^\circ$ et $\mu = 1$.

2 Sport d'hiver

Une luge de masse totale m part au repos du point 1 qui se trouve à une hauteur h_0 , et glisse jusqu'à la pente d'en face où elle finit par s'arrêter au point 2, à une hauteur h . On indique avec μ_s et μ_c les coefficients de frottement statique et cinétique entre la luge et la neige. On néglige les frottements de l'air. En utilisant les équations du mouvement, calculer en fonction des paramètres du problème :

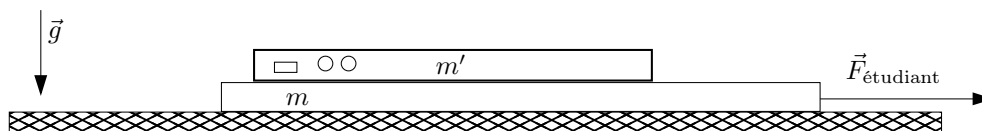
- L'angle α minimum nécessaire pour que la luge commence à glisser en 1.
- La vitesse maximale atteinte par la luge.
- La hauteur h atteinte sur la pente d'en face.
- Vérifier que, s'il n'y a pas de frottement, on trouve la valeur attendue pour h .

Pour simplifier la notation, appeler $A = [1 - \frac{\mu_c}{\tan \alpha}]$ et $B = [1 + \frac{\mu_c}{\tan \theta}]$



3 La feuille d'exercices

Vous êtes en séance d'exercices de physique générale. Vous posez votre téléphone portable de masse m' sur cette feuille d'exercices de masse m qui est posée sur la table (voir la disposition dans le schéma ci-dessous). Les coefficients de frottement entre la table et la feuille valent μ_s (statique) et μ_c (cinétique). Entre le téléphone et la feuille, ils valent μ'_s et μ'_c , entre le téléphone et la table μ''_s et μ''_c .

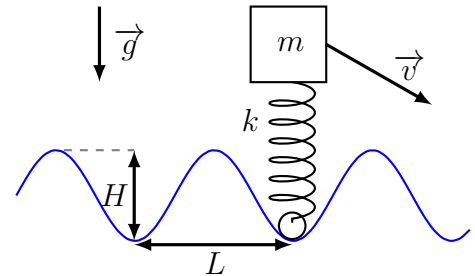


Vous décidez d'enlever la feuille en la tirant horizontalement d'un coup sec.

- Quelle est la force minimale $\vec{F}_{\text{étudiant}}$ que vous devez appliquer pour que la feuille se mette à bouger ?
- Quelle est la force minimale que vous devez appliquer pour que la feuille glisse sous le téléphone ?

4 Champ de bosses

On modélise le passage d'une voiture sur un champ de bosses (route en « tôle ondulée ») de la façon suivante : un point matériel de masse m , avance avec une vitesse dont la composante horizontale, v_x , est constante. La masse est reliée à un dispositif comportant un ressort de constante élastique k et de longueur au repos l_0 . Au bout du ressort, une roue sans masse, de rayon négligeable suit le profil du sol.



Le dispositif qui maintient le ressort vertical n'est pas spécifié. On suppose que ce dispositif n'intervient pas dans le mouvement de la masse. Les valeurs des paramètres du problème sont telles que la roue ne décolle pas et que la voiture ne tape jamais la roue. Le profil du parcours (la tôle ondulée) a une forme sinusoïdale. La hauteur des bosses est H et leur longueur L .

- Choisir une position initiale. Exprimer la position verticale de la roue $h(t)$ en fonction du temps.
- En utilisant $h(t)$, déduire l'équation du mouvement de la voiture dans la direction verticale z .
- Mettre l'équation du mouvement vertical sous la forme $\ddot{u} + \omega_0^2 u = \alpha_0 \sin(\omega t)$ à l'aide d'un changement de variable $z \rightarrow u$ (une redéfinition de l'origine du temps peut aussi être nécessaire).
- Considérer une solution stationnaire du type $u(t) = \rho \sin(\omega t - \varphi)$, où $\varphi = 0$, et trouver l'amplitude ρ des oscillations verticales de la voiture. Que peut-on dire de la vitesse de la voiture pour que le confort soit optimal ?

Eléments de réponse

Exercice 1 : La condition pour que la voiture ne dérape pas vers l'extérieur est

$$\frac{v^2}{gR} (1 - \mu \tan \alpha) \leq \mu + \tan \alpha. \quad (1)$$

Exercice 2 : La hauteur recherchée est

$$h = L \sin \theta = \frac{v_{max}^2}{2gB} = h_0 \frac{A}{B}. \quad (2)$$

Exercice 3 : La condition pour que la feuille glisse sous le téléphone est

$$|F_{\text{etudiant}}| > \max[\mu_s, (\mu_c + \mu'_s)] (m + m')g. \quad (3)$$

Exercice 4 : L'amplitude ρ des oscillations verticales de la voiture est

$$\rho = \frac{H}{2} \frac{1}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}.$$