Contrôle de physique N°2

Durée : $1\frac{1}{4}$ heures.

NOM : ______________________________

PRENOM : ______________________________

Groupe

Indication : effectuer tout calcul d'abord algébriquement et passer ensuite à l'application numérique.

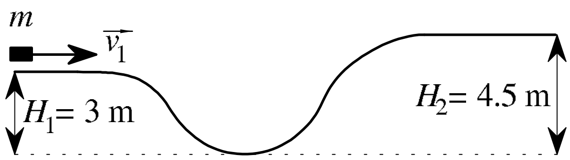
1. L'eau d'une rivière est utilisée dans un échangeur thermique pour condenser la vapeur d'eau produite dans une centrale nucléaire. La température initiale de la vapeur est de 130 °C et doit être abaissée à 60 °C.

   (a) Quelle est la quantité d'eau de rivière à 10 °C nécessaire pour condenser 1 kg de vapeur, si l'on admet une élévation de la température de la rivière de 5 °C ?

   (b) Même question pour une rivière à 0 °C contenant 10% de glace (en masse).

   Indications : $c_{\text{eau,liq}} = 4.18 \cdot 10^3\,\text{J}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$, $c_{\text{eau,vap}} = 2.09 \cdot 10^3\,\text{J}\,\text{kg}^{-1}\,\text{K}^{-1}$, $\lambda_{\text{eau,fusion}} = 3.32 \cdot 10^5\,\text{J}\,\text{kg}^{-1}$, $\lambda_{\text{eau,vaporisation}} = 2.26 \cdot 10^6\,\text{J}\,\text{kg}$.

2. Un bloc de $m = 2\,\text{kg}$ est lancé horizontalement à une vitesse $v_1 = 6\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$ sur une route horizontale. La route débouche sur une cuvette pour revenir ensuite à l'horizontale. Sur ce dernier tronçon horizontal, le bloc subit une force de frottement constante de $f = 2\,\text{N}$ et glisse encore sur une distance $d = 150\,\text{cm}$ avant de s'arrêter.



   L'altitude du point de départ par rapport au fond de la cuvette est $H_1 = 3\,\text{m}$ et celle du point d'arrivée $H_2 = 4.5\,\text{m}$. La longueur totale du parcours de $L = 21\,\text{m}$.

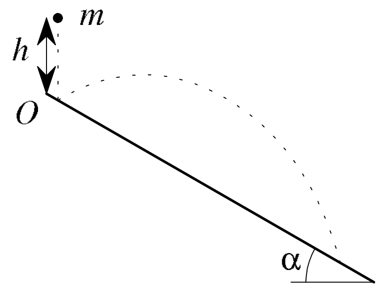
   (a) Calculer l'énergie dissipée par frottement sur le parcours complet.

   (b) Quelle est l'énergie dissipée sur le dernier tronçon horizontal ?

   (c) La force de frottement peut-elle être d'intensité constante sur tout le parcours ? Justifier.

Tourner svp

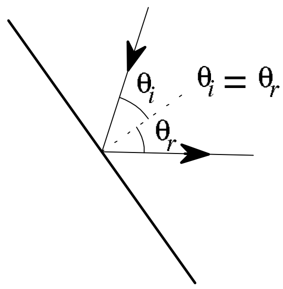
3. Un balle élastique de masse m est lâchée à vitesse nulle à une hauteur h au-dessus d'un plan incliné d'un angle $\alpha = \frac{\pi}{6}$.



   (a) Déterminer entièrement la vitesse de la balle juste après le rebond.

   (b) Déterminer le temps de vol entre le premier et le deuxième rebond sur le plan incliné, ainsi que le point du second rebond sur le plan.

   Indication : le choc est élastique et l'angle θ_r du rebond avec la normale au plan est égal à l'angle θ_i d'incidence avec la normale.



9.2.06

Corrigé du contrôle de physique N°2

1. Considérons l'échange d'énergie sans perte entre 1 kg de vapeur et la masse M d'eau de la rivière :

$$Q_{\text{vap}} + Q_{\text{riv}} = 0\,\text{J}. \qquad 1 \text{ pt}$$

(a) La vapeur est refroidie, condensée et encore refroidie sous forme d'eau liquide. L'eau de la rivière augmente en température. Alors

$$\begin{aligned} &c_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}}(100\,°\text{C} - 130\,°\text{C}) - \lambda_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}} \\ &\quad + c_{\text{eau,liq}} m_{\text{vap}}(60\,°\text{C} - 100\,°\text{C}) + c_{\text{eau,liq}} M(5\,°\text{C}) = 0\,\text{J}. \end{aligned} \qquad 1 \text{ pt}$$

D'où

$$M = \frac{c_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}}(30\,°\text{C}) + \lambda_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}} + c_{\text{eau,liq}} m_{\text{vap}}(40\,°\text{C})}{c_{\text{eau,liq}}(5\,°\text{C})} = 119.13\,\text{kg}. \qquad 1/2 \text{ pt}$$

(b) Avant l'augmentation de température de l'eau de la rivière, la glace formée de 1/10 de la masse cherchée doit fondre, d'où

$$Q_{\text{riv}} = \lambda_{\text{eau,fus}} \frac{M}{10} + c_{\text{eau,liq}} M(5\,°\text{C})$$

et

$$M = \frac{c_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}}(30\,°\text{C}) + \lambda_{\text{eau,vap}} m_{\text{vap}} + c_{\text{eau,liq}} m_{\text{vap}}(40\,°\text{C})}{\lambda_{\text{eau,fus}}/10 + c_{\text{eau,liq}}(5\,°\text{C})} = 46.02\,\text{kg}. \qquad 1 \text{ pt}$$

2. Les forces exercées sur le bloc sont son poids $m\overrightarrow{g}$, le soutien $\overrightarrow{S}$ et la force de frottement $\overrightarrow{f}$. Appelons A le point de départ, B le point d'arrivée et C le point marquant le début du dernier tronçon horizontal.

(a) L'énergie mécanique dissipée est donnée par le travail des forces non conservatives :

$$\begin{aligned} W_{A\to B}(\overrightarrow{f}) &= E_{\text{méc}}(B) - E_{\text{méc}}(A) \\ &= mgH_2 - \frac{1}{2}mv_1^2 - mgH_1 = -6\,\text{J}. \end{aligned} \qquad 1 \text{ pt}$$

(b) Sur le dernier tronçon horizontal, la force de frottement est de norme constante :

$$W_{C\to B}(\overrightarrow{f}) = -fd = -3\,\text{J}. \qquad 1/2 \text{ pt}$$

(c) Si la norme de $\overrightarrow{f}$ était constante, on aurait

$$W_{A\to B}(\overrightarrow{f}) = -fL = -42\,\text{J}$$

et l'énergie dissipée serait nettement supérieure que dans la situation actuelle. 1 pt

3. Notons $\vec{v}_0$ la vitesse de la balle juste après le premier rebond. Hormis pendant le choc, la seule force exercée sur la balle est son poids, force conservative.

(a) Le choc est élastique et l'énergie cinétique donc conservée. La norme de $\vec{v}_0$ est donnée par la conservation de l'énergie mécanique :

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 \Longrightarrow v_0 = \sqrt{2gh}\,.$$

La balle arrive verticalement sur le plan incliné de $\alpha = \frac{\pi}{6}$. L'angle d'incidence est donc $\theta_i = \alpha = \frac{\pi}{6}$. La vitesse $\vec{v}_0$ fait donc un angle $2\alpha = \frac{\pi}{3}$ avec la verticale. 1 pt

(b) Après le rebond, la balle est en chute libre. Avec l'origine choisie en O ,

$$\vec{a}(t) = \vec{g} \qquad \vec{v}(t) = \vec{g}t + \vec{v}_0 \qquad \vec{r}(t) = \frac{1}{2}\vec{g}t^2 + \vec{v}_0 t\,.$$

Selon le repère Oxy horizontal à droite et vertical vers le bas, on a

$$x(t) = v_0 \sin(2\alpha)\, t \qquad y(t) = \frac{1}{2}gt^2 - v_0\cos(2\alpha)\, t\,.$$

1 pt

Tout point $P(x_P, y_P)$ du plan vérifie $y_P = x_P \operatorname{tg}\alpha$. Le deuxième rebond a donc lieu après le temps de vol $t_v > 0$ vérifiant

$$\begin{aligned} y(t_v) &= x(t_v)\operatorname{tg}\alpha \\ \frac{1}{2}gt_v^2 - v_0\cos(2\alpha)\, t_v &= v_0\sin(2\alpha)\, t_v \operatorname{tg}\alpha \end{aligned}$$

1 pt

d'où le temps de vol

$$t_v = \frac{2v_0}{g}(\sin(2\alpha)\ \operatorname{tg}\alpha + \cos(2\alpha)) = \frac{2v_0}{g}$$

1/2 pt

et les composantes du point du deuxième rebond

$$x(t_v) = \frac{\sqrt{3}v_0^2}{g} \qquad y(t_v) = \frac{v_0^2}{g}\,.$$

1/2 pt