Émilie du châtelet, madame pompon Newton

Bac 2024 Polynésie Septembre · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Énoncer dans un langage actuel la première loi de Newton (principe d'inertie), ou donner les relations mathématiques qui la traduisent.

Dans un référentiel galiléen, si les forces extérieures appliquées à un système se compensent, alors son centre de masse est au repos ou en mouvement rectiligne uniforme, et réciproquement.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \iff \vec{v}_G = \overrightarrow{\text{constante}}$$

COMPRENDRE

Le repos est le cas particulier $\vec{v}_G = \vec{0}$. Un vecteur vitesse constant garde la même direction, le même sens et la même valeur : le mouvement est donc rectiligne et uniforme.

Q2 Choisir, parmi les points A, B ou C de la figure 2, celui qui représente le centre de masse G de la plume.

Le centre de masse se trouve là où la matière de la plume est répartie de façon équilibrée de part et d'autre. A et C sont aux deux extrémités ; B est dans la partie centrale.

Le centre de masse G est le point **B**.

Q3 À l'aide de la figure 3, calculer v_7 et v_9, les valeurs des vitesses aux points G_7 et G_9.

Données utiles $\tau = 0{,}085$ s ; échelle de la figure 3 : segment représentant 22 cm

La vitesse en un point est assimilée à la vitesse moyenne entre les deux points qui l'encadrent :

$$v_7 = \frac{G_6G_8}{2\tau} \qquad v_9 = \frac{G_8G_{10}}{2\tau}$$

Mesures à la règle sur le sujet : le segment d'échelle mesure 13 mm pour 22 cm ; $G_6G_8 \approx 18{,}5$ mm et $G_8G_{10} \approx 18{,}3$ mm.

$G_6G_8 = \dfrac{18{,}5 \times 22}{13} = 31{,}3$ cm $= 0{,}313$ m, donc $v_7 = \dfrac{0{,}313}{2 \times 0{,}085} = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$G_8G_{10} = \dfrac{18{,}3 \times 22}{13} = 31{,}0$ cm $= 0{,}310$ m, donc $v_9 = \dfrac{0{,}310}{2 \times 0{,}085} = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$v_7 \approx v_9 \approx 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

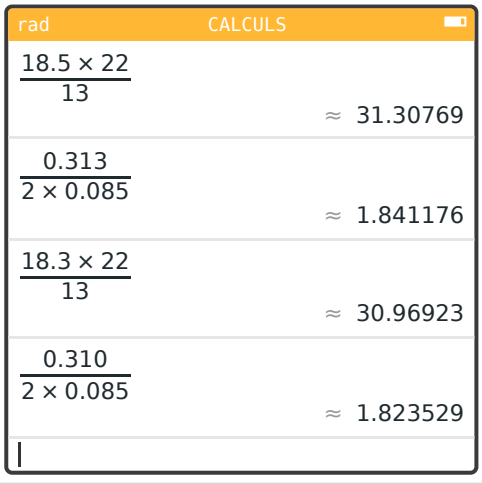
PIÈGE

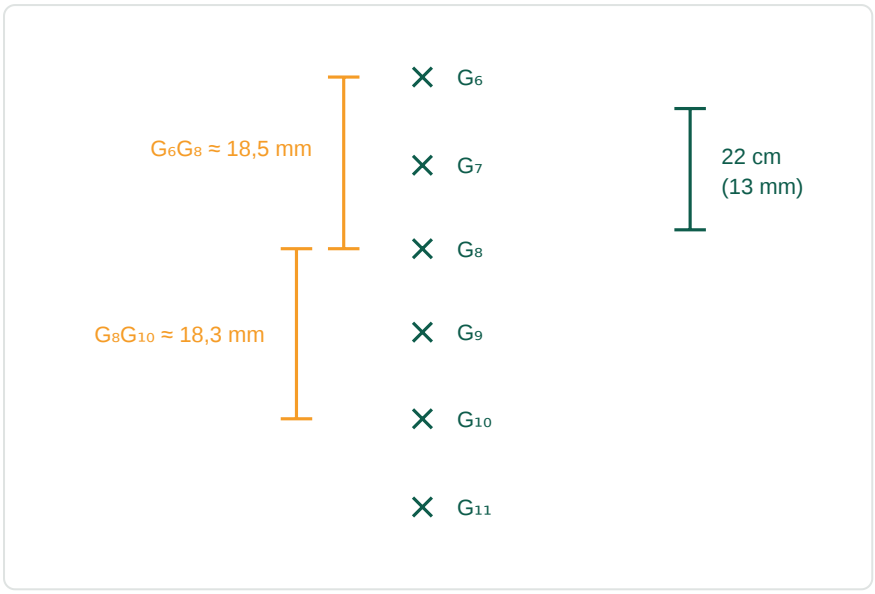
Diviser par τ au lieu de 2τ : entre G_6 et G_8 il y a deux intervalles de temps. Penser aussi à convertir les centimètres en mètres.

COMPRENDRE

Deux chiffres significatifs, comme τ et l'échelle. Les longueurs en millimètres dépendent de la taille d'impression du sujet ; seul leur rapport au segment d'échelle compte, mesuré sur le même document.

À LA CALCULATRICE





Q3 · Figure 3 du sujet (points G6 à G11) avec les distances mesurées

Q4 Dresser la liste des forces appliquées à la plume lors de sa chute dans l'air. Donner, en justifiant, la relation qui les lie entre G_6 et G_{11}, puis calculer la valeur f de la force de frottement.

Données utiles $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$; $m = 0{,}985\ \text{g}$

Système {plume}, référentiel terrestre supposé galiléen. Forces : le poids $\vec{P}$, vertical vers le bas, et la force de frottement de l'air $\vec{f}$, verticale vers le haut (la poussée d'Archimède est négligée).

Entre G_6 et G_{11} le mouvement est rectiligne uniforme : d'après le principe d'inertie, les forces se compensent.

$$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$$

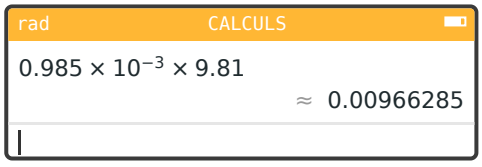
Les deux forces sont opposées, elles ont donc la même valeur : $f = P = m\,g$.

$f = 0{,}985 \times 10^{-3} \times 9{,}81$

$$\boxed{f = 9{,}66 \times 10^{-3}\ \text{N}}$$

PIÈGE
Laisser la masse en grammes : g est en $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$, il faut $m = 0{,}985 \times 10^{-3}$ kg. Écrire $\vec{P} = \vec{f}$ est faux : ce sont les valeurs qui sont égales, pas les vecteurs.

À LA CALCULATRICE



Q5 Énoncer dans un langage actuel la deuxième loi de Newton, ou donner la relation mathématique qui la traduit.

Dans un référentiel galiléen, la somme des forces extérieures appliquées à un système de masse m constante est égale au produit de sa masse par l'accélération de son centre de masse.

$$\boxed{\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G}$$

COMPRENDRE
Le « changement dans le mouvement » du texte est la variation du vecteur vitesse, donc l'accélération. Elle a la direction et le sens de la somme des forces.

Q6 À l'aide de la deuxième loi de Newton, établir l'expression de l'altitude $y(t)$ d'un système en chute libre et montrer qu'elle est indépendante de sa masse m.

Données utiles origine au sol, axe (Oy) vers le haut ; lâcher sans vitesse initiale depuis la hauteur H

Système {objet} de masse m, référentiel terrestre supposé galiléen.
Dans le vide, la seule force est le poids $\vec{P} = m\,\vec{g}$.

Deuxième loi de Newton : $m\,\vec{g} = m\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = \vec{g}$. La masse se simplifie.

En projection sur (Oy), dirigé vers le haut : $a_y = -g$.

Comme $a_y = \dfrac{\mathrm{d}v_y}{\mathrm{d}t}$, par primitive : $v_y = -g\,t + C_1$. À $t = 0$, $v_y(0) = 0$ donc $C_1 = 0$ et $v_y = -g\,t$.

Comme $v_y = \dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t}$, par primitive : $y = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + C_2$. À $t = 0$, $y(0) = H$ donc $C_2 = H$.

$y(t) = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + H$: la masse m n'y figure pas.

PIÈGE
Écrire $a_y = +g$ alors que l'axe est orienté vers le haut. Oublier la constante H : à $t = 0$ l'objet est en haut, pas à l'origine.

MÉTHODE
Chute libre : 1) bilan des forces et deuxième loi, d'où $\vec{a} = \vec{g}$; 2) projection sur l'axe en soignant le signe ; 3) deux primitives successives, chaque constante étant fixée par une condition initiale.

Q7 Attribuer chaque courbe (A, B et C) de la figure 5 à une coordonnée parmi $a_y(t)$, $v_y(t)$ et $y(t)$.

$a_y = -g$ est une constante négative : droite horizontale sous l'axe des abscisses, courbe A.

$v_y = -g\,t$ est une fonction linéaire décroissante : droite passant par l'origine, courbe B.

$y = -\dfrac{1}{2}\,g\,t^2 + H$ est un polynôme du second degré, positif et décroissant : arc de parabole, courbe C.

Courbe A : $a_y(t)$; courbe B : $v_y(t)$; courbe C : $y(t)$.

COMPRENDRE
La courbe C s'annule quand l'objet touche le sol ($y = 0$). Sa tangente est horizontale à $t = 0$, ce qui traduit la vitesse initiale nulle.

Q8 En déduire la valeur de la hauteur H depuis laquelle les objets sont lâchés.

Données utiles $v_d = 14\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ à l'altitude $d = 20$ cm ; $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$; $v_y(t)$ et $y(t)$ (Q6)

À la date t_d, l'objet est à l'altitude $y = d$ et descend : $v_y(t_d) = -v_d$.

Avec $v_y = -g\,t$: $-g\,t_d = -v_d$, soit $t_d = \dfrac{v_d}{g}$.

Avec $y(t_d) = d$: $d = -\dfrac{1}{2}\,g\left(\dfrac{v_d}{g}\right)^2 + H$, d'où

$$H = d + \frac{v_d^2}{2\,g}$$

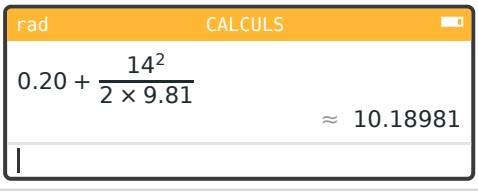
$H = 0{,}20 + \dfrac{14^2}{2 \times 9{,}81} = 10{,}2$ m, soit avec deux chiffres significatifs :

$H \approx 10$ m

PIÈGE
Oublier d'ajouter d, ou le laisser en centimètres : $d = 0{,}20$ m. La vitesse de 14 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$ est atteinte à 20 cm du sol, pas au sol.

COMPRENDRE
v_d n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit 10 m. Les 20 cm ne changent alors presque rien à la valeur finale.

À LA CALCULATRICE



Q9 Choisir, parmi les trois extraits de la figure 6, celui qui illustre la troisième loi de Newton, en précisant les raisons du choix.

Troisième loi de Newton (actions réciproques) : si un corps A exerce sur un corps B une force $\overrightarrow{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A une force $\overrightarrow{F}_{B/A}$ de même direction, de même valeur et de sens opposé : $\overrightarrow{F}_{A/B} = -\overrightarrow{F}_{B/A}$.
L'extrait n°2 décrit deux corps en interaction : le cheval tire la pierre et il est « également tiré par la pierre », avec un « effort égal » dans les deux sens.

C'est l'extrait n°2 qui illustre la troisième loi de Newton.

COMPRENDRE
L'extrait n°1 relie la gravité à une variation de vitesse (deuxième loi). L'extrait n°3 évoque un mouvement qui persévère en l'absence de force (première loi).