EPFL

1

Enseignants: Testa, Butté, Burmeister
Physique MAN - MAN
26 juin 2023
Durée : 180 minutes

Dalton Joe

SCIPER : **987654**

Attendez le début de l'épreuve avant de tourner la page. Ce document est imprimé recto-verso, il contient 18 questions sur 16 pages, les dernières pouvant être vides. Ne pas dégrafer.

- Posez votre **carte d'étudiant.e** sur la table.
- **Aucun** document n'est autorisé.
- L'utilisation d'une **calculatrice** et de tout **outil électronique** est **interdite** pendant l'épreuve.
- Pour les questions à **choix unique**, on comptera :
  les points indiqués si la réponse est correcte,
  0 point si il n'y a aucune ou plus d'une réponse inscrite,
  0 point si la réponse est incorrecte.
- Utilisez un **stylo** à encre **noire ou bleu foncé** et effacez proprement avec du **correcteur blanc** si nécessaire.
- Les dessins peuvent être faits au crayon.
- Répondez dans l'espace prévu (**aucune** feuille supplémentaire ne sera fournie).
- Les brouillons sont à rendre mais ne sont pas corrigés.

Respectez les consignes suivantes | Observe this guidelines | Beachten Sie bitte die unten stehenden Richtlinien

choisir une réponse | select an answer
Antwort auswählen

ne PAS choisir une réponse | NOT select an answer
NICHT Antwort auswählen

Corriger une réponse | Correct an answer
Antwort korrigieren

ce qu'il ne faut **PAS** faire | what should **NOT** be done | was man **NICHT** tun sollte

Première partie, questions à choix unique

Questions indépendantes

Question 1 (1 point)
Un point matériel suit un mouvement harmonique de pulsation $\omega > 0$ et d'amplitude $A > 0$. Son accélération maximale est, en valeur absolue,

- ☐ $A\omega^{-2}$
- ☐ $A^2\omega^2$
- ☐ $A\omega$
- ☐ $A^2\omega$
- ☐ $A\omega^{-1}$
- ☐ $A\omega^2$

Question 2 (1 point)
On lance une balle depuis le sol avec une vitesse $\vec{v}_0$ de norme v_0 et faisant un angle $\alpha = \pi/3$ avec l'horizontale. Tous les frottements étant négligeables, quelle est la hauteur maximale atteinte par la balle ?

- ☐ $\frac{4v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{2v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{7v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{3v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{6v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{8v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{5v_0^2}{8g}$
- ☐ $\frac{v_0^2}{8g}$

Question 3 (1 point)
Un barreau conducteur de longueur L se déplace dans un champ magnétique $\vec{B}_0$ avec une vitesse $\vec{v}_0$ constante, perpendiculaire au barreau, le champ $\vec{B}_0$ étant uniforme et normal au plan formé par le barreau et $\vec{v}_0$.
Le champ électrique induit par effet Hall est

- ☐ parallèle et de même sens que $\vec{B}_0$
- ☐ parallèle et de même sens que $\vec{v}_0$
- ☐ parallèle et opposé à $\vec{B}_0$
- ☐ parallèle et opposé à $\vec{B}_0 \times \vec{v}_0$
- ☐ parallèle et opposé à $\vec{v}_0$
- ☐ parallèle et de même sens que $\vec{B}_0 \times \vec{v}_0$

Question 4 (1 point)
Sur Terre, un oscillateur harmonique formé d'une masse fixée à un ressort horizontal et glissant sans frotter sur une table a une période T. Que vaut sa période sur la Lune, où la gravitation est 6 fois plus faible ?

- ☐ T
- ☐ $T/\sqrt{6}$
- ☐ $T/3$
- ☐ $T/6$
- ☐ $T\sqrt{6}$
- ☐ $6T$

Question 5 (1 point)
On considère un condensateur plan d'écartement d entre les armatures. Lorsqu'il est chargé, il porte une charge Q et la norme du champ à l'intérieur vaut E. Que vaut l'énergie W stockée dans le condensateur ?

- ☐ $W = \frac{1}{2}Ed$
- ☐ $W = \frac{1}{2}QEd$
- ☐ $W = \frac{1}{2}Q$
- ☐ $W = \frac{1}{2}\frac{QE}{d}$

Question 6 (1 point)
Deux satellites sont en orbite autour de la Terre (de rayon $R = 6400\,\text{km}$). Le premier se trouve à une altitude $h = 600\,\text{km}$ au-dessus du sol et a donc une certaine vitesse angulaire autour de la Terre. Le second tourne 8 fois plus lentement autour de la Terre. Quelle est son altitude ?

- ☐ On ne peut pas répondre.
- ☐ 21 600 km
- ☐ 441 600 km
- ☐ 2 400 km

Question 7 (1 point)
Dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$ (de norme B_0), une charge $q > 0$ de masse m se déplace, à un instant $t_0 = 0$, avec une vitesse $\vec{v}_0$ (de norme v_0), normale à $\vec{B}_0$.
La gravitation étant négligeable, que vaut le rayon de courbure de la trajectoire à l'instant t ?

- ☐ $R = \dfrac{qB_0}{mv_0}$
- ☐ $R = \dfrac{qv_0}{mB_0}$
- ☐ $R = \dfrac{mB_0}{qv_0}$
- ☐ $R = \dfrac{mv_0}{qB_0}$

Question 8 (1 point)
Une boîte de volume V flotte sur l'eau, à demi immergée. Quelle masse minimale faut-il poser sur la boîte pour que celle-ci soit entièrement immergée ?

- ☐ $\varrho_{\text{boîte}} V$
- ☐ $\varrho_{\text{eau}} V$
- ☐ $\frac{1}{2}\varrho_{\text{eau}} V$
- ☐ $\frac{1}{2}\varrho_{\text{boîte}} V$

Question 9 (1 point)
On considère un objet de 20 kg. Initialement au repos, il a, après 5 s, une vitesse de norme $7\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, grâce à une force constante. Que vaut le travail de cette force ?

- ☐ 250 J
- ☐ 350 J
- ☐ 700 J
- ☐ 490 J

Enoncé pour les deux prochaines questions

Trois points A, B et C forment un triangle ABC rectangle en B. On note respectivement a, b et c la longueur des côtés opposés à ces points.
Deux charges (ponctuelles) Q_A et Q_B sont maintenues en A et B respectivement.

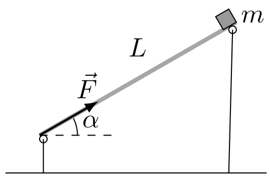
Question 10 (1 point)
Que vaut la tension entre C et C', le point complétant le rectangle $ABCC'$?

- ☐ $U_{CC'} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{a+b}{ab}(Q_A - Q_B)$
- ☐ $U_{CC'} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{a-b}{ab}(Q_A - Q_B)$
- ☐ $U_{CC'} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{b-a}{ab}(Q_A - Q_B)$
- ☐ $U_{CC'} = 0$

Question 11 (1 point)
Que vaut le carré de la norme du champ électrique régnant en C ?

- ☐ $E_C^2 = \dfrac{1}{(4\pi\varepsilon_0)^2}\left(\dfrac{Q_A^2}{b^4} + \dfrac{Q_B^2}{a^4} + 2\dfrac{Q_A}{b^3}\dfrac{Q_B}{a}\right)$
- ☐ $E_C^2 = \dfrac{1}{(4\pi\varepsilon_0)^2}\left(\dfrac{Q_A^2}{b^4} + \dfrac{Q_B^2}{a^4} + 2\dfrac{Q_A}{b^2}\dfrac{Q_B}{a^2}\right)$
- ☐ $E_C^2 = \dfrac{1}{(4\pi\varepsilon_0)^2}\left(\dfrac{Q_A^2}{b^4} + \dfrac{Q_B^2}{a^4}\right)$
- ☐ $E_C^2 = \dfrac{1}{(4\pi\varepsilon_0)^2}\left(\dfrac{Q_A^2}{b^4} + \dfrac{Q_B^2}{a^4} + 2\dfrac{Q_A}{b}\dfrac{Q_B}{a^3}\right)$

Enoncé pour les quatre prochaines questions



Une planche homogène de masse M et de longueur L repose sur deux petites roulettes situées sous les extrémités de la planche, mais à des hauteurs différentes, de sorte que la planche fait un angle α avec l'horizontale. De plus, une masse $m = M/2$ est immobile tout en haut de la planche. On note $\vec{F}$ la force appliquée au bas de la planche, parallèle à celle-ci, qui est nécessaire au maintien de l'équilibre.

Question 12 (1 point)
La norme de $\vec{F}$ vaut

- ☐ $\frac{1}{2}Mg\sin\alpha$
- ☐ $\frac{3}{2}Mg\sin\alpha$
- ☐ $\frac{1}{2}Mg\cos\alpha$
- ☐ $\frac{3}{2}Mg\cos\alpha$
- ☐ $Mg\cos\alpha$
- ☐ $Mg\sin\alpha$

Question 13 (1 point)
La norme du soutien exercé sur la planche par la roulette du haut vaut

- ☐ $Mg\cos\alpha$
- ☐ $\frac{1}{2}Mg\cos\alpha$
- ☐ $\frac{1}{2}Mg$
- ☐ Mg
- ☐ $Mg\sin\alpha$
- ☐ $\frac{1}{2}Mg\sin\alpha$

Considérons maintenant la masse m glissant sur la planche vers le bas à une vitesse constante $\vec{v}_0$.

Question 14 (1 point)
Au cours du temps, la norme du soutien exercé sur la planche par la roulette du haut

- ☐ diminue
- ☐ ne change pas, mais est plus petite que dans le cas où m était immobile en haut
- ☐ augmente
- ☐ ne change pas, et est la même que dans le cas où m était immobile en haut
- ☐ ne change pas, mais est plus grande que dans le cas où m était immobile en haut

Question 15 (1 point)
Au cours du temps, la norme de $\vec{F}$

- ☐ ne change pas, et est la même que dans le cas où m était immobile en haut
- ☐ augmente
- ☐ ne change pas, mais est plus grande que dans le cas où m était immobile en haut
- ☐ diminue
- ☐ ne change pas, mais est plus petite que dans le cas où m était immobile en haut

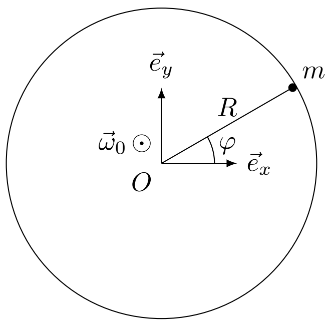
Deuxième partie, questions de type ouvert

Répondre dans l'espace dédié. Votre réponse doit être soigneusement justifiée, toutes les étapes de votre raisonnement doivent figurer dans votre réponse. Laisser libres les cases à cocher : elles sont réservées au correcteur.

Question 16: *Cette question est notée sur 10 points.*

☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5
☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10

On place une bille, représentée par un point matériel de masse m, dans le tambour d'un lave-linge (un cylindre creux) de rayon R en rotation autour de son axe de symétrie, horizontal, avec une vitesse angulaire constante $\vec{\omega}_0$. On considère que cette bille, lorsqu'elle est en contact avec sa paroi intérieure, est entraînée par le tambour. A un instant donné $t_0 = 0$, elle décolle du tambour. Sa position à cet instant est repérée par l'angle φ_0.



(a) Déterminer la norme de la vitesse de la bille lorsqu'elle quitte le tambour.

(b) Donner l'équation horaire $\vec{r}(t) = \big(x(t), y(t)\big)$ de la bille une fois qu'elle a quitté le tambour.

(c) Donner la relation entre ω_0 et l'angle φ_0 pour que la bille passe à la verticale du centre O et à la même hauteur que le point de décollement.

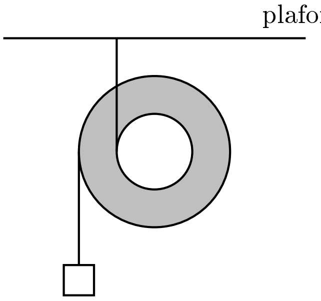
(d) Donner l'équation horaire $\vec{r}(t) = \big(x(t), y(t)\big)$ de la bille lorsqu'elle est en contact avec le tambour.

(e) Donner le bilan des forces et les équations d'évolution de la bille pendant cette phase de contact.

(f) Déterminer la relation entre ω_0 et l'angle φ_0 où la bille décolle du tambour. A quelle condition la vitesse angulaire $\vec{\omega}_0$ doit-elle satisfaire pour que cela arrive ?

Question 17: *Cette question est notée sur 10 points.*

☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5 ☐.5
☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8 ☐9 ☐10



Un disque homogène de rayon $R = 2r$ est percé en son centre d'un cylindre creux de rayon r, le tout ayant une masse $M = 2m$ et un moment d'inertie $I_0 = \lambda m r^2$ par rapport à son axe de symétrie. Un fil fixé à un plafond est enroulé sur le cylindre. Un second fil est enroulé sur le disque et attaché à une masse m.

(a) Déterminer l'accélération (direction, sens et norme) de la masse m suspendue.

(b) Parmi les valeurs suivantes, laquelle est celle de λ ? Justifier.

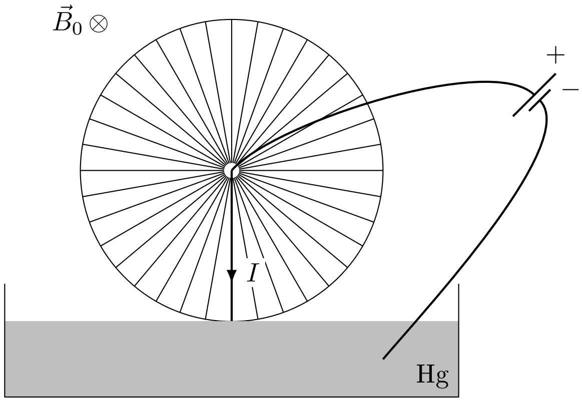
1 2 3 4 5 6

Indication : utiliser la masse volumique ϱ et l'épaisseur e du disque.
Rappel: pour un disque homogène de masse m et de rayon R, $I_{\mathrm{CM}} = \frac{1}{2} m R^2$.

Question 18: *Cette question est notée sur 8 points.*

☐0 ☐.5 ☐1 ☐.5 ☐2 ☐.5 ☐3 ☐.5 ☐4 ☐.5 ☐5 ☐.5 ☐6 ☐.5 ☐7 ☐.5 ☐8

Un disque homogène de masse m et de rayon R peut tourner librement autour de son axe, fixe. Il est en contact avec un bain de mercure (liquide métallique).
Sur la surface du disque sont disposées radialement (et en très grand nombre) des tiges conductrices de masse négligeable. A tout instant un courant électrique I circule ainsi entre l'axe du disque et le mercure, à travers celle des tiges qui est alors verticale.
Le tout est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0 \otimes$ entrant (le champ dû au courant I est supposé négligeable).



Rappel: pour un disque homogène de masse m et de rayon R, $I_{\mathrm{CM}} = \frac{1}{2}mR^2$.
On négligera toute forme de frottement dans ce problème.

(a) Déterminer entièrement toutes les forces exercées sur le disque.

(b) Déterminer la somme des moments de forces sur le disque par rapport à l'axe de rotation.

(c) Si le disque est initialement immobile, donner sa vitesse angulaire $\omega(t)$ à l'instant t.

(d) En déduire la puissance $P(t)$ reçue par le disque à l'instant t.