1

Enseignants: Sauser, Butté, Burmeister
Physique MAN - MAN
3 juillet 2024
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 24 questions sur 20 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

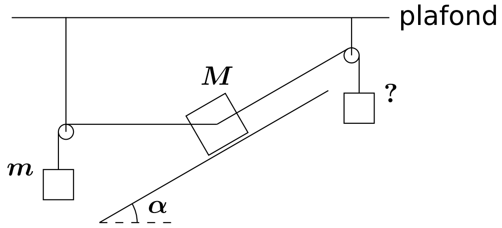
Première partie, 21 questions à choix unique

Questions indépendantes

Question 1 (1 point)
Un projectile de masse m est lancé avec une vitesse horizontale $\vec{v}_0$ depuis une hauteur h. Il tombe ensuite dans un chariot de masse M à l'arrêt au sol et s'y coince.
Quelle est ensuite la vitesse du chariot et du projectile réunis ?
Tous les frottements sont négligeables.

- ☐ $\vec{0}$
- ☐ $\frac{M}{m+M}\vec{v}_0$
- ☐ $\frac{m+M}{m}\vec{v}_0$
- ☐ $\vec{v}_0$
- ☐ $\frac{m}{m+M}\vec{v}_0$
- ☐ $\frac{m}{M}\vec{v}_0$
- ☐ $\frac{m+M}{M}\vec{v}_0$
- ☐ $\frac{M}{m}\vec{v}_0$

Question 2 (1 point)
Dans le dessin ci-dessous, un bloc de masse M est maintenu à l'équilibre sur un plan incliné d'un angle α grâce à deux fils, le fil de gauche étant horizontal et celui de droite parallèle au plan. Aux extrémités des fils sont suspendues des masses. Celle de gauche vaut m. Que vaut la masse suspendue à droite ? Cochez “Impossible" s'il n'y a pas d'équilibre possible.
Tous les frottements sont négligeables.

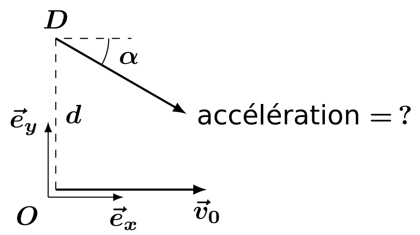


- ☐ $M+m$
- ☐ $M\sin\alpha + m\cos\alpha$
- ☐ Impossible
- ☐ 0
- ☐ $M\sin\alpha$
- ☐ m
- ☐ M
- ☐ $M\cos\alpha + m\sin\alpha$

Question 3 (0.5 point)
Pour $p > 0$, parmi les équations ci-dessous, laquelle est celle d'un oscillateur harmonique ?

- ☐ $\dot{x}(t) = p\,x(t)$
- ☐ $\dot{x}(t) = -p\,x(t)$
- ☐ $\ddot{x}(t) = p\,x(t)$
- ☐ $\ddot{x}(t) = -p\,x^2(t)$
- ☐ $\dot{x}(t) = -p\,x^2(t)$
- ☐ $\ddot{x}(t) = -p\,x(t)$
- ☐ $\ddot{x}(t) = p\,x^2(t)$
- ☐ $\dot{x}(t) = p\,x^2(t)$

Enoncé pour les deux prochaines questions



Dans un plan horizontal muni d'un repère $(O, \vec{e}_x, \vec{e}_y)$ se déplace un coureur à vitesse constante $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_x$. A l'instant $t_0 = 0$ où il passe en O, un autre coureur, jusque-là à l'arrêt en $D(0, d)$, s'élance avec une accélération constante de norme inconnue faisant un angle $\alpha = \frac{\pi}{6}$ avec $\vec{e}_x$ pour rattraper le premier coureur.

Ci-contre, la situation à l'instant $t_0 = 0$.

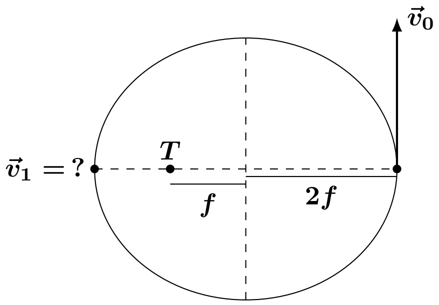
Question 4 (1 point)
En notant a_0 la norme de l'accélération du second coureur, à quel instant ce dernier croise-t-il l'axe des Ox ?

- ☐ $2\sqrt{\frac{d}{a_0}}$
- ☐ $\frac{v_0}{a_0}$
- ☐ $\frac{1}{2}\frac{d}{v_0}$
- ☐ $\frac{1}{2}\frac{v_0}{a_0}$
- ☐ $2\frac{v_0}{a_0}$
- ☐ $\sqrt{\frac{d}{a_0}}$
- ☐ $\frac{d}{v_0}$
- ☐ $2\frac{d}{v_0}$
- ☐ $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{d}{a_0}}$

Question 5 (1 point)
En notant t_r l'instant de rencontre entre les coureurs, que doit valoir la norme a_0 de l'accélération du second coureur pour que celui-ci rattrape effectivement le premier coureur ?

- ☐ $\frac{v_0}{t_r}$
- ☐ $\frac{4}{\sqrt{3}}\frac{v_0}{t_r}$
- ☐ $2\frac{v_0}{t_r}$
- ☐ $\frac{2}{\sqrt{3}}\frac{v_0}{t_r}$
- ☐ $4\frac{v_0}{t_r}$
- ☐ $\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{v_0}{t_r}$

Enoncé pour les deux prochaines questions



Un satellite de masse m a une orbite elliptique autour de la terre T de masse M. La distance entre le centre de l'ellipse et le foyer occupé par la terre est f et le demi grand-axe est de longueur $2f$.
Au point le plus éloigné de la terre, le satellite a une vitesse $\vec{v}_0$ de norme v_0.

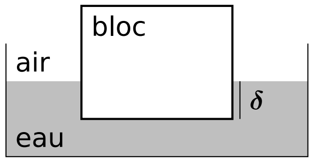
Question 6 (1 point)
Au point le plus proche de la terre, le satellite a une vitesse $\vec{v}_1$ de norme v_1 telle que

- ☐ $v_1 = \frac{4}{3}v_0$
- ☐ $v_1 = v_0$
- ☐ $v_1 = \frac{3}{2}v_0$
- ☐ $v_1 = 3v_0$
- ☐ $v_1 = 2v_0$
- ☐ $v_1 = \frac{5}{3}v_0$
- ☐ $v_1 = \frac{1}{2}v_0$
- ☐ $v_1 = 4v_0$

Question 7 (1 point)
Au point le plus proche de la terre, le satellite a une vitesse $\vec{v}_1$ de norme v_1 telle que

- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{4}{3}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{4}{3}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{2}{3}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{4}{9}\frac{GM}{f^2}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{2}{3}\frac{GM}{f^2}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{2}{3}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{4}{3}\frac{GM}{f^2}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{4}{9}\frac{GM}{f^2}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{4}{9}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{4}{9}\frac{GM}{f}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 - \frac{2}{3}\frac{GM}{f^2}$
- ☐ $v_1^2 = v_0^2 + \frac{4}{3}\frac{GM}{f^2}$

Enoncé pour les deux prochaines questions



Un bloc plein, de masse volumique ϱ_b et de base S, flotte immobile sur l'eau (de masse volumique ϱ_e), la face inférieure se trouvant à une profondeur δ.

On admet que la pression atmosphérique p_a est partout la même.

Question 8 (1 point)
Quelle est la hauteur du bloc ?

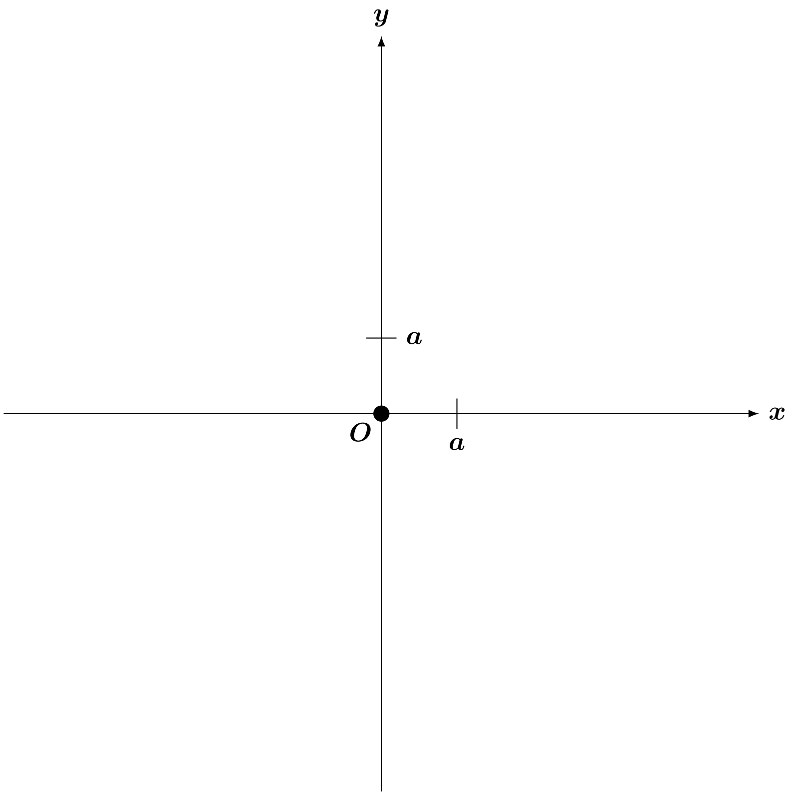
- ☐ $H = \frac{p_a}{g} - \frac{\varrho_e}{\varrho_b}\delta$
- ☐ $H = \frac{\varrho_e}{\varrho_b}\delta$
- ☐ $H = \frac{p_a}{g} + \frac{\varrho_b}{\varrho_e}\delta$
- ☐ $H = \frac{\varrho_b}{\varrho_e}\delta$
- ☐ $H = p_a - \frac{\varrho_e}{\varrho_b}\delta$
- ☐ $H = p_a + \frac{\varrho_b}{\varrho_e}\delta$

Question 9 (0.5 point)
Que vaut la pression de l'eau juste sous le bloc ?

- ☐ $p_a + \varrho_e g\delta$
- ☐ $\varrho_b g\delta$
- ☐ $\varrho_b g\delta S$
- ☐ $\varrho_e g\delta S$
- ☐ $p_a S + \varrho_e g\delta S$
- ☐ $p_a + \varrho_b g\delta$
- ☐ $p_a S + \varrho_b g\delta S$
- ☐ $\varrho_e g\delta$

Enoncé pour les quatre prochaines questions

Dans une région de l'espace où règne un champ électrique uniforme horizontal $\vec{E}_0 = E_0\vec{e}_x$, on fixe une charge $Q > 0$ à l'origine O, comme indiqué sur le dessin ci-dessous.
On fixe les paramètres tels que $E_0 = +1\,\mathrm{V\,m^{-1}}$ et $\dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0 a^2} = +4\,\mathrm{V\,m^{-1}}$.



Question 10 (1 point)
Le champ électrique total est nul sur l'axe Ox pour

- ☐ $x = -a$
- ☐ $x = -4a$
- ☐ aucun $x \in \mathbb{R}$
- ☐ $x = -a/\sqrt{2}$
- ☐ $x = a\sqrt{2}$
- ☐ $x = a/\sqrt{2}$
- ☐ $x = 0$
- ☐ $x = -2a$
- ☐ $x = 2a$
- ☐ $x = 4a$
- ☐ $x = -a\sqrt{2}$
- ☐ $x = a$

Question 11 (1 point)
Le champ électrique total est nul sur l'axe Oy pour

- ☐ $y = -a/\sqrt{2}$
- ☐ $y = 2a$
- ☐ $y = a/\sqrt{2}$
- ☐ $y = 4a$
- ☐ $y = -4a$
- ☐ $y = -2a$
- ☐ aucun $y \in \mathbb{R}$
- ☐ $y = -a$
- ☐ $y = a$
- ☐ $y = -a\sqrt{2}$
- ☐ $y = 0$
- ☐ $y = a\sqrt{2}$

Question 12 (1 point)
Quels sont la direction et le sens du champ électrique total au point $(0, 2a)$?

- ☐ $\downarrow$
- ☐ $\swarrow$
- ☐ $\searrow$
- ☐ $\nwarrow$
- ☐ $\uparrow$
- ☐ $\leftarrow$
- ☐ $\rightarrow$
- ☐ $\nearrow$

Question 13 (1 point)
Quelle est la norme du champ électrique total au point $(0, 2a)$?

- ☐ $4\,\mathrm{V\,m^{-1}}$
- ☐ $\sqrt{2}\,\mathrm{V\,m^{-1}}$
- ☐ $1/2\,\mathrm{V\,m^{-1}}$
- ☐ $1/\sqrt{2}\,\mathrm{V\,m^{-1}}$
- ☐ $1\,\mathrm{V\,m^{-1}}$
- ☐ $2\,\mathrm{V\,m^{-1}}$

Enoncé pour les deux prochaines questions

Dans une expérience, on fixe un premier objet de masse m_1 et portant une charge $q_1 > 0$ en un point de l'espace. Un second objet de masse m_2 et portant une charge $q_2 > 0$ est lâché (sans vitesse initiale) à une distance d du premier objet.

La gravitation est supposée négligeable et on posera $k = 1/(4\pi\varepsilon_0)$.

Question 14 (1 point)

Quelle sera la vitesse du second objet très loin (à une distance infinie) du premier objet ?

- ☐ $\sqrt{\dfrac{kq_1q_2}{m_2d}}$
- ☐ $\sqrt{\dfrac{2kq_1q_2}{m_2d^2}}$
- ☐ $\sqrt{\dfrac{kq_1q_2}{m_1d}}$
- ☐ $\sqrt{\dfrac{2kq_1q_2}{m_1d}}$
- ☐ $\sqrt{\dfrac{kq_1q_2}{m_2d^2}}$
- ☐ $\sqrt{\dfrac{2kq_1q_2}{m_2d}}$

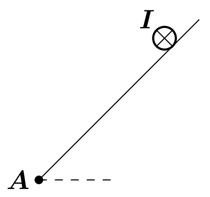
Question 15 (1 point)

Parmi les affirmations suivantes, laquelle est incorrecte ?

Durant l'expérience, ...

- ☐ ... le dispositif fixant le premier objet exerce une force d'intensité constante $\dfrac{kq_1q_2}{d^2}$ sur celui-ci.
- ☐ ... la force exercée sur le second objet ne dépend pas de sa masse m_2.
- ☐ ... les deux objets subissent des forces électriques d'intensités identiques.
- ☐ ... le second objet subit une force répulsive.

Enoncé pour les deux prochaines questions



Un barreau de longueur L et de masse m parcouru par un courant I est maintenu immobile sur un plan incliné à $45°$ à l'aide d'un champ magnétique uniforme (produit par d'autres courants).

Ci-contre: vue parallèle au barreau.

Question 16 (1 point)

Quels sont la direction et le sens du champ magnétique uniforme ? Cochez $\emptyset$ si un tel champ uniforme n'existe pas.

- ☐ $\leftarrow$
- ☐ $\emptyset$
- ☐ $\downarrow$
- ☐ $\rightarrow$
- ☐ $\uparrow$
- ☐ $\odot$
- ☐ $\otimes$

Question 17 (0.5 point)

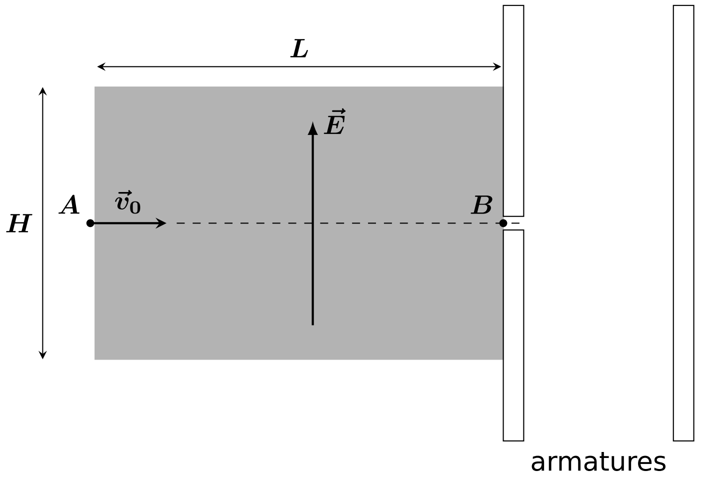
Quels sont la direction et le sens du champ magnétique produit par le barreau (supposé très long) au point A au bas du plan incliné ?

- ☐ $\leftarrow$
- ☐ $\uparrow$
- ☐ $\nwarrow$
- ☐ $\otimes$
- ☐ $\downarrow$
- ☐ $\rightarrow$
- ☐ $\nearrow$
- ☐ $\swarrow$
- ☐ $\odot$
- ☐ $\searrow$

Enoncé pour les quatre prochaines questions

Dans une région de l'espace, de forme parallélépipédique (de longueur $L = 3$ m et de section carrée $H^2 = 4$ m²), représentée par le rectangle gris sur le dessin ci-dessous, on crée un champ électrique uniforme vertical, dirigé vers le haut, d'intensité $E = 400$ V m^{-1}, ainsi qu'un champ magnétique uniforme inconnu.
On observe alors qu'une petite bille, de masse $m = 4$ g et de charge $q = +2$ C, entrant en A dans la région grisée avec une vitesse horizontale $\vec{v}_0$ de norme $v_0 = 10^3$ m s^{-1} poursuit sa trajectoire en ligne droite.
La petite bille arrive alors en B où un petit orifice lui permet de traverser l'armature négative d'un condensateur plan. Elle percute l'armature positive avec une vitesse de norme $v_0/2$.

La figure ci-dessous représente la situation dans un plan vertical. La gravitation est supposée négligeable.



Question 18 (1 point)

Parmi les directions suivantes, laquelle caractérise le mieux le champ uniforme $\vec{B}$ régnant dans la région grisée ?

- ☐ ←
- ☐ ↘
- ☐ →
- ☐ ↓
- ☐ ↑
- ☐ ↖
- ☐ ↙
- ☐ ⊙
- ☐ ⊗
- ☐ ↗

Question 19 (1 point)

Que vaut, en valeur absolue, la tension entre les deux armatures du condensateur plan ?

- ☐ 3000 V
- ☐ 750 V
- ☐ 0 V
- ☐ 1000 V
- ☐ 250 V
- ☐ 500 V

Question 20 (0.5 point)

Que vaut le travail de la force électrique sur la particule entre le point A et le point B ?

- ☐ 2400 J
- ☐ -2400 J
- ☐ -1200 J
- ☐ -1600 J
- ☐ -800 J
- ☐ 0 J
- ☐ 1600 J
- ☐ 800 J
- ☐ 1200 J

Question 21 (1 point)

Quelle est l'intensité du champ magnétique régnant dans la zone grisée ?

- ☐ 2.5 T
- ☐ 0.25 T
- ☐ $2.5 \cdot 10^{-6}$ T
- ☐ 400 T
- ☐ $4 \cdot 10^{5}$ T
- ☐ 0.4 T

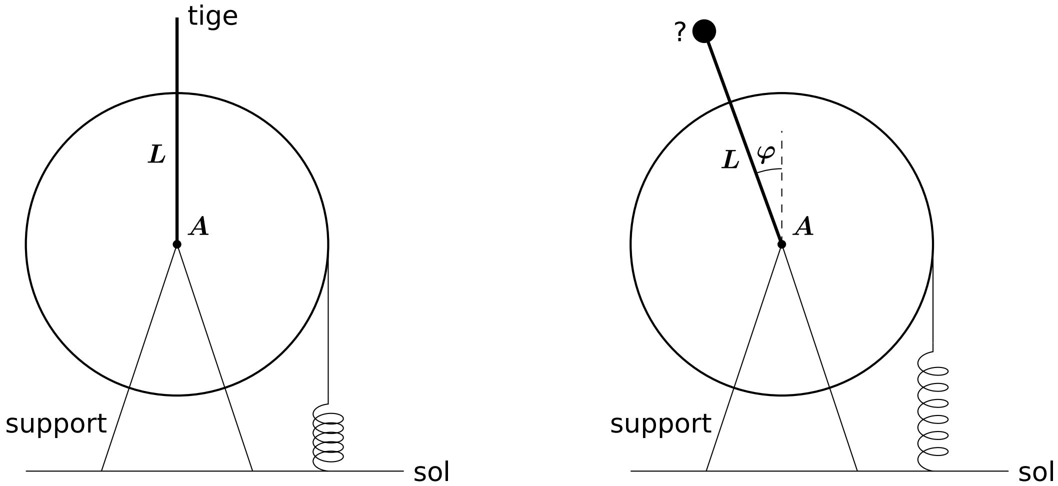
Deuxième partie, 3 questions de type ouvert

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 22: *Cette question est notée sur 8 points.*

☐0 ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 ☐6 ☐7 ☐8

Un disque D de masse M et de rayon R peut tourner sans frottement autour d'un axe fixe horizontal A. Une tige de longueur L et de masse négligeable est fixée sur le disque avec l'une de ses extrémités au centre. Un fil est enroulé plusieurs fois sur le disque et ne peut pas glisser. Son bout libre est attaché à un ressort vertical fixé au sol, de longueur naturelle ℓ_0 et de constante de raideur k. La longueur du fil est choisie telle que lorsque le ressort n'est pas déformé, la tige est verticale, au-dessus du centre du disque.



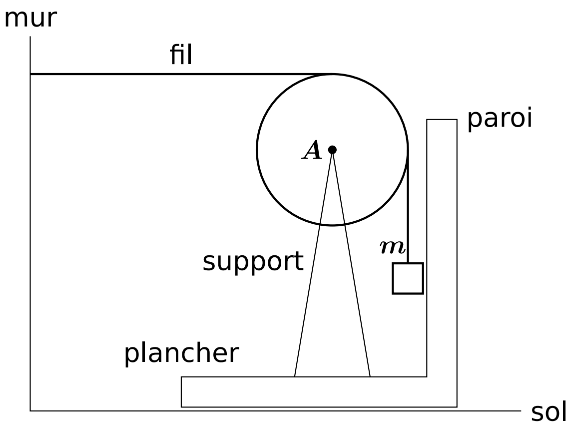
On colle alors une boule au bout de la tige et la pousse très légèrement (à vitesse quasiment nulle) vers la gauche. Sous l'effet du frottement de l'air, on atteint un état d'équilibre et l'angle que fait la tige avec la verticale est alors φ.

(a) Quelle est la masse de la boule ?

(b) En notant m la masse de la boule, quelle est la variation d'énergie mécanique entre la situation initiale où la tige était verticale et la situation finale ? Précisez-en le signe.

Question 23: *Cette question est notée sur 9 points.*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



Un chariot (de masse négligeable) pouvant glisser sans frottement sur le sol comporte un plancher, une paroi verticale et un support pour un axe horizontal A autour duquel peut tourner un disque de rayon R, de masse M et de moment d'inertie $I = pMR^2$ par rapport à A.
Un fil fixé à un mur passe sur le disque et retient un bloc de masse m. Ce dernier peut glisser sans frottement le long de la paroi.

Déterminez l'accélération angulaire du disque autour de son axe A ainsi que l'accélération verticale du bloc dans les cas suivants:

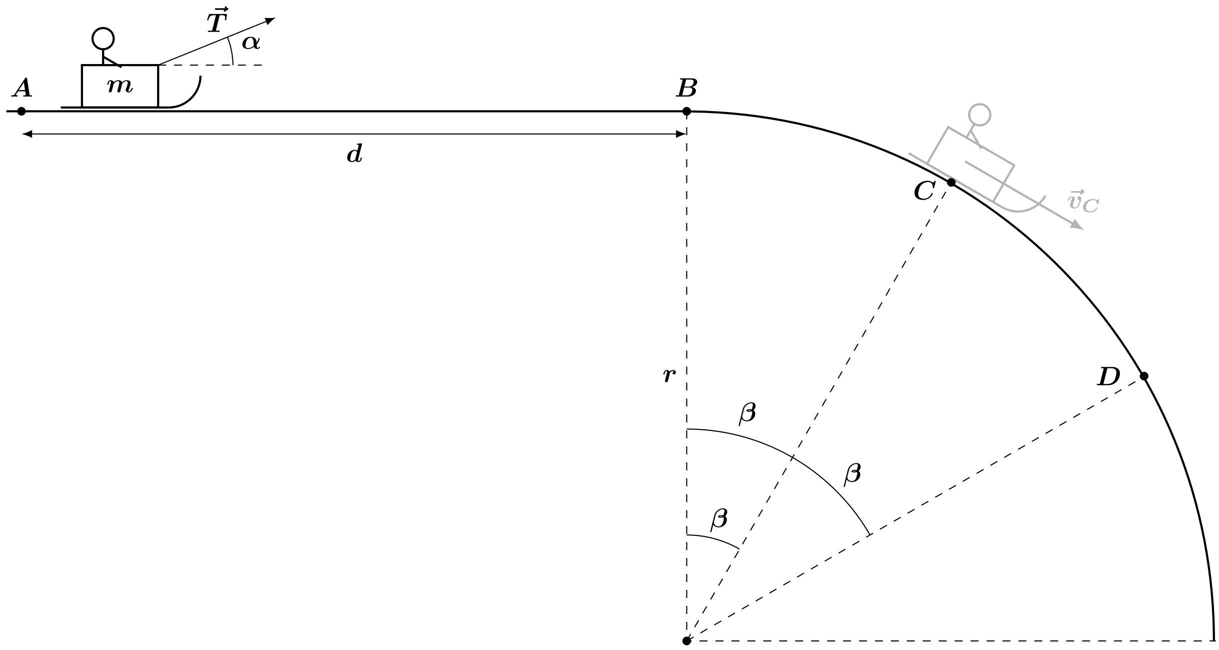
(a) si le disque est bloqué (donc empêché de tourner) et que le fil glisse sans frottement sur celui-ci,

(b) si le disque peut tourner librement et que le fil ne glisse pas sur celui-ci.

Question 24: *Cette question est notée sur 9 points.*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Un cascadeur assis dans une luge suit une piste enneigée constituée d'une partie horizontale AB de longueur d suivie d'un arc de cercle de rayon r. Durant la première partie de la piste, du point A au point B, la masse m de la luge et du cascadeur est tirée par une force de traction constante $\vec{T}$, de norme inconnue, faisant un angle α avec la piste. A partir du point B, la force de traction $\vec{T}$ n'est plus présente et le cascadeur se laisse glisser du point B au point C, repéré par l'angle β. A partir du point C, et jusqu'au point D, le cascadeur utilise un dispositif de freinage agissant uniquement le long de la trajectoire et permettant de maintenir une accélération tangentielle de norme constante a inconnue entre les points C et D.
On observe que la luge, initialement immobile au point A, passe en C avec une vitesse $\vec{v}_C$. Elle décroche au point D, repéré par l'angle 2β.



Tous les frottements sont supposés négligeables et, du point A au point D, la luge reste en permanence en contact avec la neige.

Les quatre parties ci-dessous peuvent être traitées de manière indépendante.

(a) Déterminez la norme T de la force de traction.

(b) Déterminez, dans un repère mobile $\vec{e}_t$, $\vec{e}_n$, les composantes des vecteurs forces agissant sur l'objet "luge+cascadeur" au point C, juste avant que le cascadeur commence à freiner.

(c) Déterminez les expressions de la norme v_D de la vitesse au moment du décrochement et de l'accélération tangentielle constante a de la luge et du cascadeur entre les points C et D.

(d) Précisez, sans faire de calcul, mais en justifiant votre réponse, la nature de la trajectoire (rectiligne, circulaire, etc.) de l'objet "luge+cascadeur" à partir du point D.