

Physique

Mécanique

Instructions

פיזיקה

מכניקה

הוראות

א. Durée de l'examen : deux heures.

א. משך הבחינה: שתיים.

ב. Structure du questionnaire et barème de notation :

Ce questionnaire comporte six questions, répondez à trois questions uniquement.

$33\frac{1}{3}$ points par question ; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ points.

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שש שאלות, ומהן יש לענות על שלוש בלבד.

לכל שאלה — $33\frac{1}{3}$ נקודות; $3 \times 33\frac{1}{3} = 100$ נקודות

ג. Matériel auxiliaire autorisé :

- (1) Calculatrice non graphique. Il est interdit d'utiliser les fonctionnalités de programmation d'une calculatrice qui en comporte.
- (2) Pages de formules et données (jointes au questionnaire).
- (3) Dictionnaire hébreu-langue étrangère / langue étrangère-hébreu.

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

- (1) מחשבון לא גרפי. אין להשתמש באפשרויות התכנות במחשבון שיש בו אפשרות תכנות.
- (2) דפי נוסחאות ונתונים (מצורפים).
- (3) מילון עברי-לועזי / לועזי-עברי.

ד. Instructions supplémentaires :

- (1) Répondez à trois questions seulement. Si vous répondez à plus de trois questions, seules les trois premières réponses figurant dans le cahier d'examen seront corrigées.
Indiquez clairement le numéro de la question et l'article que vous avez choisis.
- (2) Pour les questions nécessitant un calcul, suivez les étapes suivantes :
l'écriture de l'expression mathématique telle qu'elle figure dans les feuilles de formules et de données jointes au questionnaire, le développement mathématique ainsi que la substitution dans la formule en fonction du problème donné, la présentation explicite des données dans l'expression obtenue, la présentation des résultats du calcul en donnant un nombre convenable de chiffres significatifs après la virgule ainsi que les unités de mesure qui conviennent.
- (3) Les courbes que vous tracez devront être de la taille d'une demi page au moins. Utilisez une règle pour tracer des lignes droites.
- (4) Lorsque vous devez exprimer une grandeur à l'aide des données de la question, donnez une expression mathématique incluant les données de la question, ou une partie d'entre elles ; si cela est nécessaire, il est possible d'utiliser également des constantes fondamentales figurant dans le tableau des pages de formules et données, ou de la grandeur g de l'accélération de la pesanteur.
- (5) Dans vos calculs, utilisez la valeur de 10 m/s^2 pour la grandeur de g , l'accélération de la pesanteur (à proximité de la surface de la Terre).
- (6) Écrivez vos réponses au stylo. Il est autorisé d'utiliser un crayon uniquement pour tracer des figures ou des graphiques.
- (7) En cas d'erreur, vous pourrez tracer un double trait sur les mots ou les phrases fausses.

ד. הוראות מיוחדות:

- (1) יש לענות על שלוש שאלות בלבד. אם תענו על יותר משלוש שאלות, ייבדקו רק שלוש התשובות הראשונות שבמחברת.
יש לציין באופן ברור את מספר השאלה והסעיף שבחרתם.
- (2) בשאלות שבפתרון שלהן נדרש חישוב, יש להציג את השלבים האלה: רישום הביטוי המתמטי כפי שהוא כתוב בדפי הנוסחאות והנתונים המצורפים, פיתוח מתמטי ושינוי נושא נוסחה בהתאם לבעיה, הצגה מפורשת של הנתונים בביטוי שהתקבל, הצגת תוצאות החישוב באמצעות שבר עשרוני ובו מספר מתאים של ספרות משמעותיות וכן יחידות המדידה.
- (3) את הגרפים יש לסרטט בגודל של חצי עמוד לפחות. יש להשתמש בסרגל לסרטוט קווים ישרים.
- (4) כאשר נדרשים להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, יש לרשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או את חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים מתוך הטבלה שבדפי הנוסחאות והנתונים או בגודל תאוצת הנפילה החופשית g .
- (5) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל של g — תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
- (6) יש לכתוב את התשובות בעט. מותר להשתמש בעיפרון לסרטוטים וגרפים בלבד.
- (7) במקרה של טעות, אפשר להסתפק בהעברת קו חוצה כפול על המילים או המשפטים השגויים.

Écrivez dans le cahier d'examen uniquement. Inscrivez "טייטה" en haut de chaque page de brouillon.

Écrire des notes de brouillon sur d'autres feuilles que celles du cahier d'examen, risque d'entraîner votre disqualification.

יש לכתוב במחברת הבחינה בלבד. יש לרשום "טייטה" בראש כל עמוד המשמש טייטה.

כתיבת טייטה בדפים שאינם במחברת הבחינה עלולה לגרום לפסילת הבחינה.

Bonne chance !

בהצלחה!

Questions

Répondez à trois des questions 1-6.

($33\frac{1}{3}$ points par question ; le nombre de points attribués à chaque article est donné en fin d'énoncé).

1. On effectue deux expériences en utilisant un petit corps et un plan incliné lisse. Le pied du plan incliné est noté par la lettre K, comme décrit sur la figure 1 ci-dessous.

Dans la première expérience, le corps est maintenu au repos en un point A sur le plan incliné.

À un instant donné, on fournit au corps une vitesse initiale de grandeur v_1 vers le haut du plan (voir figure 1 - première expérience).

Dans la deuxième expérience, le corps est maintenu au repos en un point B sur le plan incliné.

À un instant donné, on fournit au corps une vitesse initiale de grandeur v_2 vers le bas du plan (voir figure 1 - deuxième expérience).

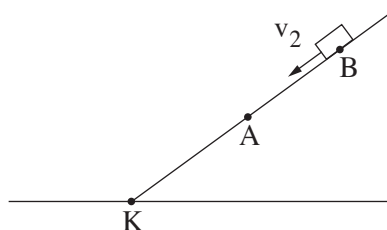


Figure 1 - deuxième expérience

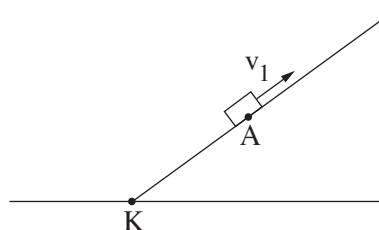


Figure 1 - première expérience

Les courbes α et β de la figure 2 ci-dessous représentent la vitesse du corps dans chacune des expériences durant la première demi-seconde de son déplacement. $t = 0$ représente l'instant initial du déplacement dans chacune des expériences.

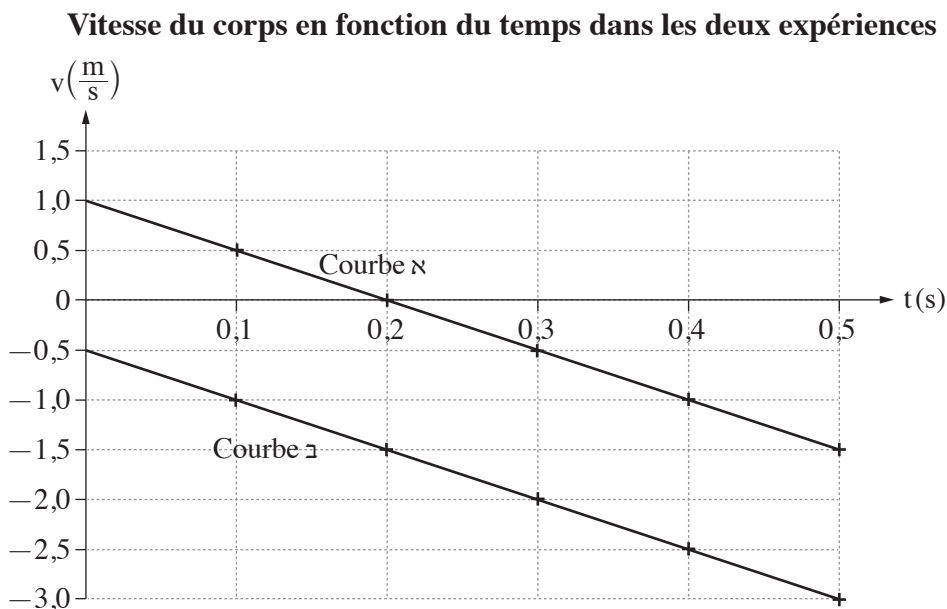


Figure 2

- α . Déterminez si le sens positif de la vitesse a été défini vers le haut du plan incliné ou vers le bas. Justifiez votre réponse. (6 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

Dans la première expérience le corps a atteint le point K (le point au pied du plan incliné) à l'instant $t = 0,5\text{s}$.

- א. Calculez la distance entre le point le plus élevé que le corps a atteint dans la première expérience et le point K. (7 points)
- ב. Calculez la distance AK. (7 points)

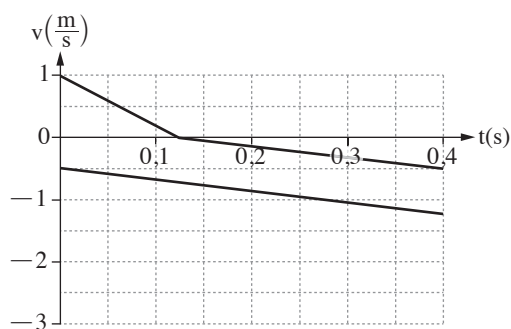
Dans la deuxième expérience le corps a atteint le point K à l'instant $t = 0,62\text{s}$.

- א. Calculez AB (la distance entre les positions du corps à l'instant initial du déplacement dans chacune des deux expériences). (8 points)

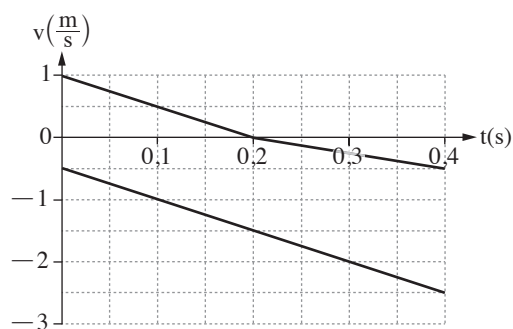
On répète ces deux expériences dans un système semblable à celui décrit dans la figure 1, mais cette fois il existe un frottement entre le corps et le plan incliné.

L'une des figures א-ז ci-dessous représente correctement la vitesse du corps dans ces deux expériences en fonction du temps pour une partie de la durée du déplacement.

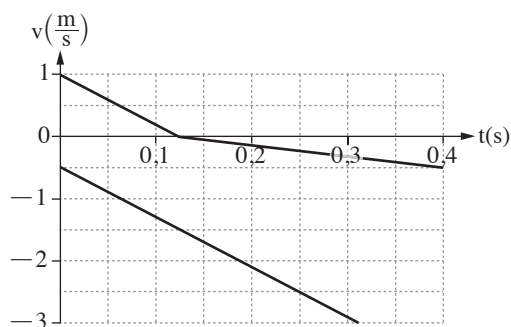
- א. Déterminez lequel des graphiques א-ז représente correctement le déplacement du corps dans les deux autres expériences effectuées sous l'influence du frottement. Justifiez votre réponse. ($5\frac{1}{3}$ points)



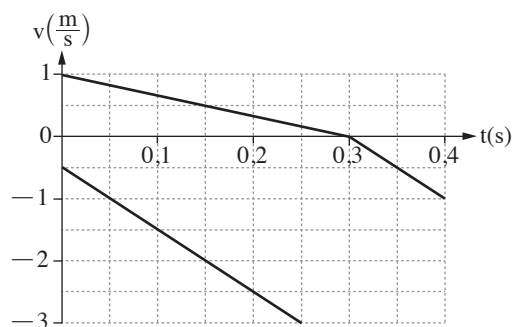
Graphique א



Graphique ב



Graphique ג



Graphique ד

2. Deux corps, A et B, dont les masses sont respectivement m_A et m_B , sont attachés l'un à l'autre par un fil, comme cela est représenté sur la figure 1 ci-dessous.

Le corps A est tiré verticalement vers le haut par une force extérieure F_1 dont la grandeur peut varier. Un capteur de force mesurant la tension du fil reliant les deux corps est installé sur celui-ci. Tout au long de la question, on supposera que la masse du fil, la masse du capteur de force et les forces de frottement agissant sur les corps sont négligeables.

Le sens positif de l'axe vertical est défini vers le haut.

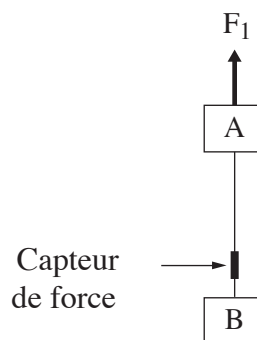
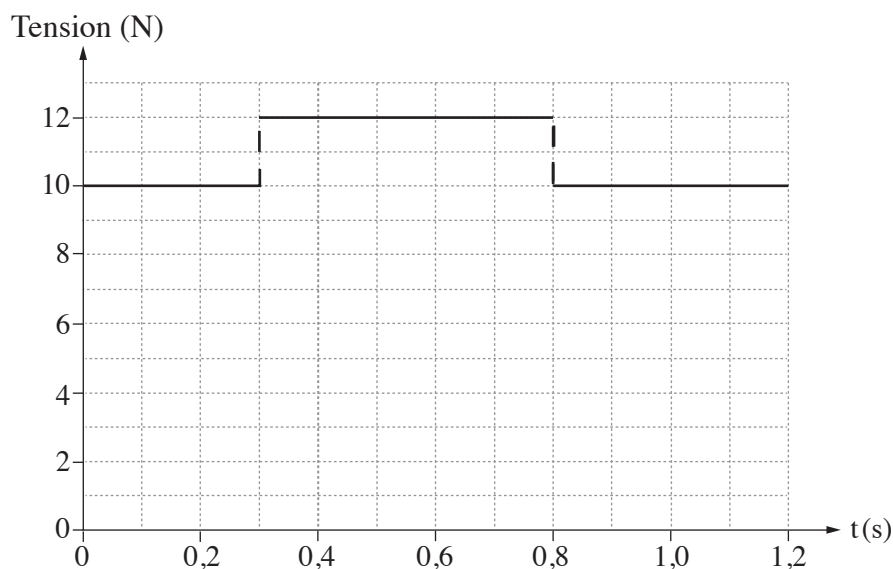


Figure 1

- א. Tracez le schéma des forces s'exerçant sur le corps A, ainsi que le schéma des forces s'exerçant sur le corps B. À côté de chaque force, indiquez son nom et ce qui l'exerce (concernant F_1 inscrivez "כוח חיצוני"). (4 points)
- ב. Écrivez l'équation des forces pour chacun des deux corps, puis à l'aide de ces équations, donnez une expression de l'accélération du système en fonction des paramètres F_1 , m_A , m_B et des constantes physiques connues. (6 points)

Voici une courbe décrivant la tension du fil, mesurée par le capteur, en fonction du temps, entre l'instant $t = 0$ et $t = 1,2$ s. Pour rappel, la grandeur de la force F_1 n'est pas forcément constante au cours du temps.

Tension en fonction du temps



On sait que jusqu'à l'instant $t = 0,3\text{s}$, le système était au repos. La masse du corps A est $m_A = 3\text{ kg}$.

- א. En vous aidant de la courbe, calculez m_B , la masse du corps B. (5 points)
- ב. En vous aidant de la courbe, calculez la grandeur de la force extérieure F_1 dans chacun des trois intervalles de temps représentés sur la courbe : $0 < t < 0,3\text{s}$, $0,3\text{s} < t < 0,8\text{s}$, $0,8\text{s} < t < 1,2\text{s}$. (8 points)
- ג. Concernant chacun des deux intervalles de temps $0,3\text{s} < t < 0,8\text{s}$ et $0,8\text{s} < t < 1,2\text{s}$, déterminez le type du mouvement (immobile / mouvement uniforme / mouvement accéléré). Expliquez vos réponses. (6 points)

Après avoir fait ces mesures, on a effectué deux expériences à l'aide de ce système :

Dans la première expérience, on a exercé sur le système une certaine force F_1 puis on a constaté que l'accélération du système était $a_1 \neq 0$ vers le haut (voir figure 2א).

Dans la deuxième expérience, on a détaché du fil le corps B et le capteur de force, puis on a exercé sur l'extrémité inférieure du corps A, une force F_2 verticale vers le bas, en plus de la force F_1 qui est identique à celle de la première expérience (voir figure 2ב).

On a mesuré puis constaté que dans la deuxième expérience, l'accélération était également a_1 (vers le haut).



Figure 2א



Figure 2ב

- א. Déterminez quelle est l'affirmation correcte parmi les affirmations 1-4 ci-dessous, puis justifiez votre réponse. ($4\frac{1}{3}$ points)
 1. $F_2 < m_B g$
 2. $F_2 = m_B g$
 3. $F_2 > m_B g$
 4. Il est impossible de déterminer la relation entre F_2 et $m_B g$ à partir des données.

3. Soit un drone jouet pouvant larguer de petites balles durant son déplacement dans l'air.

Le drone s'est déplacé horizontalement à une hauteur de 6 mètres au dessus d'un sol plan à une vitesse de $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, puis a largué trois balles l'une après l'autre.

Le temps entre le largage d'une balle et le largage de la balle suivante était de 0,5s .

Dans cette question, on négligera la résistance de l'air au mouvement des balles.

- א. Calculez le temps qui s'est écoulé depuis l'instant du largage d'une balle et jusqu'à l'instant où elle a atteint le sol. (7 points)
- ב. Calculez la vitesse d'impact au sol de la balle (grandeur et direction). (9 points)
- ג. Calculez la distance entre les points d'impact au sol de deux balles qui ont été larguées l'une après l'autre. Détaillez votre raisonnement. (7 points)
- ד. Déterminez laquelle des schémas 1 – 4 ci-dessous décrit de la meilleure manière la position du drone et des balles après le largage de la troisième balle. Justifiez votre réponse. (5 points)



Schéma 4



Schéma 3

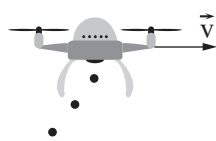


Schéma 2

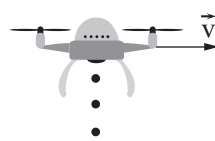
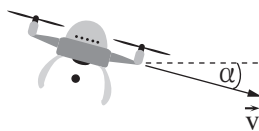


Schéma 1

Dans un autre cas, le drone s'est déplacé à une vitesse d'une grandeur identique à la vitesse décrite dans le premier cas, mais cette fois-ci il ne s'est pas déplacé horizontalement mais selon un angle α sous l'horizon (voir figure).

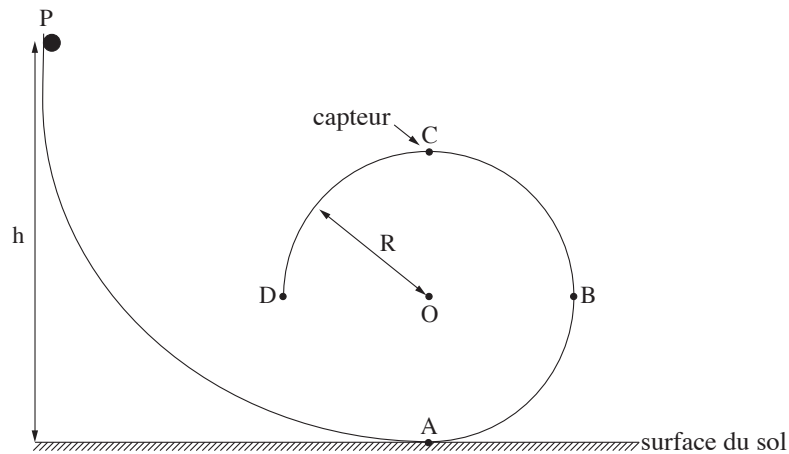
Dans ce cas également, le drone a largué une balle depuis une hauteur de 6 mètres au dessus du sol.



Yossef affirme que dans le deuxième cas, la grandeur de la vitesse d'impact au sol de la balle est supérieure à la grandeur de la vitesse de son impact dans le premier cas, alors que Dana affirme que dans les deux cas la grandeur de la vitesse d'impact est identique.

- ה. Déterminez lequel d'entre eux a raison, puis justifiez votre réponse. Vous pourrez vous aider d'un raisonnement fondé sur l'énergie. ($5\frac{1}{3}$ points)

4. La figure ci-dessous représente un système composé d'un rail lisse PABCD . La section ABCD du rail est une partie du cercle vertical de rayon R . Un capteur se trouve sur le rail au point C , le point le plus élevé du rail, et lorsqu'une force d'une grandeur d'au moins $N_{C, \min}$ s'exerce sur lui, un circuit électrique se ferme, allumant ainsi une ampoule. Dans cette question, on négligera la résistance de l'air



On maintient au repos une petite balle de masse m sur le rail à une hauteur h au-dessus de la surface du sol, puis on la libère du repos. La balle se déplace sur le rail, et au moment où elle atteint le point C , le capteur affiche la valeur de la force N_C qui s'exerce sur lui.

- ⌘. (1) Tracez le schéma des forces s'exerçant sur la balle lorsqu'elle passe par le point C .
Inscrivez à côté de chaque force son nom et ce qui l'exerce.
- (2) Exprimez la grandeur de la force N_C exercée sur le capteur en fonction de la hauteur h .
Utilisez les paramètres m , R et g .
- (9 points)

On répète l'opération en libérant la balle du repos plusieurs fois, à chaque fois à partir d'une hauteur h différente, puis on inscrit la valeur de la force N_C que le capteur affiche.

Les résultats des mesures figurent dans le tableau ci-dessous.

$h(m)$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
$N_C(N)$	0,20	0,55	0,75	0,95	1,20

- ⌘. (1) Tracez un diagramme de dispersion de la force N_C en fonction de la hauteur h .
(2) Ajoutez une droite de régression au diagramme de dispersion que vous avez tracé.
- (8 points)
- ⌘. En vous aidant de cette courbe, calculez le rayon du cercle R ainsi que la masse m de la balle. (8 points)

Donnée : la force minimale qu'il faut exercer sur le capteur afin que l'ampoule s'allume est

$$N_{C, \min} = 0,6N .$$

7. Déterminez ou calculez la hauteur minimale $h_{\min}$ nécessaire pour que l'ampoule s'allume.
- (4 points)

On note h_1 l'abscisse du point d'intersection entre la droite de régression et l'axe horizontal.

- 7 Si on avait libéré la balle à partir de la hauteur h_1 , la grandeur de la vitesse de la balle au point C aurait-elle été égale à zéro ?

Si oui, justifiez votre réponse. Si non, calculez la grandeur de la vitesse de la balle en ce point.

(4 $\frac{1}{3}$ points)

5. La figure 1 ci-dessous représente un système composé d'un plan incliné lisse et d'une surface horizontale rugueuse.

On libère du repos un corps depuis un point quelconque situé sur le plan incliné. Ce corps se déplace en descendant le plan, puis s'immobilise sur la surface horizontale.

Dans cette question, la résistance de l'air est négligeable.

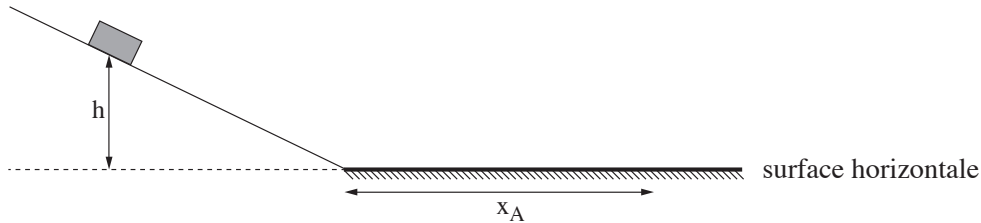


Figure 1

- ⌘. (1) Déterminez si l'énergie mécanique du corps est conservée sur chacune des deux parties de son déplacement (le plan incliné et la surface horizontale). Justifiez vos réponses.
- (2) Déterminez si la quantité de mouvement du corps est conservée sur chacune des deux parties de son déplacement (le plan incliné et la surface horizontale). Justifiez vos réponses.

(6 points)

Soit deux corps de masses différentes : le corps A de masse $m_A = 0,4\text{kg}$ et le corps B de masse $m_B = 1,2\text{kg}$.

On sait que le coefficient de frottement entre chacun des corps et la surface horizontale est identique.

On libère le corps A depuis une hauteur $h = 0,6\text{m}$. Le corps s'immobilise sur la surface horizontale après avoir parcouru une distance $x_A = 1,5\text{m}$ sur celle-ci.

- ⌘. Calculez le coefficient de frottement entre la surface horizontale et le corps A. (8 points)
- ⌘. Si on avait libéré le corps B depuis la même hauteur, la distance qu'il aurait parcourue sur la surface horizontale aurait-elle été supérieure, égale ou inférieure à x_A ? Justifiez votre réponse.

(6 points)

On laisse le corps A sur la surface horizontale, puis on libère le corps B d'un point quelconque situé sur le plan incliné. Le corps B percute le corps A dans une collision parfaitement élastique.

La grandeur de la vitesse du corps B un instant avant la collision est de $4\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

On suppose que le temps de la collision est très court et que le sens positif est défini vers la droite.

7. Quelle est l'impulsion (grandeur et direction) qui s'est exercée sur le corps B lors de cette collision? (8 points)

(Attention : la suite de la question se trouve à la page suivante)

Dans un autre cas, on libère le corps A deux fois :

la première fois, on libère le corps A du repos depuis une certaine hauteur H sur la pente du plan incliné à présent d'un angle α (voir figure 2א) .

La deuxième fois, on augmente l'inclinaison du plan à un angle β , puis on libère le corps A du repos depuis la même hauteur H que la première fois (voir figure 2ב).

Dans les deux cas, le corps se déplace sur le parcours sans percuter d'autres corps.

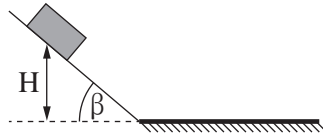


Figure 2ב

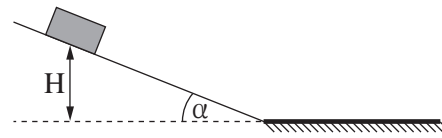


Figure 2א

On note J_1 la grandeur de l'impulsion qui agit sur le corps depuis l'instant où le déplacement débute jusqu'à ce qu'il arrive au pied du plan incliné lors de la première fois.

On note J_2 la grandeur de l'impulsion qui agit sur le corps de l'instant où le déplacement débute jusqu'à ce qu'il arrive au pied du plan incliné lors de la deuxième fois.

ה. Déterminez laquelle des expressions 1 - 4 ci-dessous est correcte. Justifiez votre réponse.

($5\frac{1}{3}$ points)

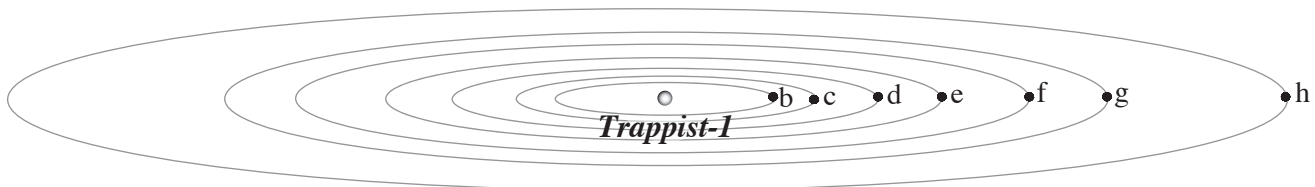
1. $J_1 > J_2$
2. $J_1 = J_2$
3. $J_1 < J_2$
4. Il est impossible de savoir quelle impulsion est la plus grande sans les valeurs numériques des angles.

6. Au cours des années 2016-2017 sept planètes de tailles comparables à celle de la Terre et gravitant autour d'une étoile naine nommée *Trappist-1*, ont été découvertes.

Nommons les planètes qui ont été découvertes b, c, d, e, f, g, h . La planète b étant la plus proche de l'étoile naine *Trappist-1* et la planète h étant la plus éloignée.

Pour les calculs dans cette question, on suppose que les orbites des planètes sont circulaires et que l'influence que ces sept planètes exercent les unes sur les autres est négligeable.

Système *TRAPPIST-1*



Le tableau ci-dessous comporte une partie des données concernant le rayon orbital et le temps de révolution des trois planètes les plus proches de l'étoile *Trappist-1*.

Planète	Rayon orbital r (10^9 m)	Temps de révolution T (jours)
b	1,73	1,51
c	2,36	
d		4,05

- א. Calculez les valeurs manquantes du tableau. (7 points)

Eithan, élève en classe de physique, affirme que plus une planète est éloignée de l'étoile naine *Trappist-1*, plus sa vitesse est grande.

- א. Eithan a-t-il raison ? Justifiez votre réponse. (6 points)

- א. (1) Exprimez g_b , l'accélération de la planète b exercée par *Trappist-1*.

Utilisez les paramètres T , r et des constantes fondamentales.

- (2) Le poids d'un corps de masse m se trouvant à la surface de la planète b est-il mg_b ?

Justifiez votre réponse.

(8 points)

- א. Calculez la masse de l'étoile *Trappist-1*. (7 points)

Soit deux fusées de masses égales, m_s . La fusée I tourne autour de notre soleil et la fusée II tourne autour de l'étoile *Trappist-1* selon des orbites circulaires de rayons identiques.

Le surplus d'énergie que nécessite la fusée I pour se libérer de l'influence de la gravitation de notre soleil est ΔE_I , et le surplus d'énergie que nécessite la fusée II pour se libérer de l'influence de la gravitation de *Trappist-1* est ΔE_{II} .

- א. Calculez le rapport $\frac{\Delta E_I}{\Delta E_{II}}$. ($5\frac{1}{3}$ points)

Bonne chance!

בהצלחה!