

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 pages de formules et de données jointes au questionnaire, le développement mathématique ainsi que la substitution dans la formule d'après le problème donné, la présentation explicite des données dans l'expression obtenue, la présentation des résultats du calcul en donnant un nombre raisonnable de chiffres significatifs après la virgule ainsi que les unités de mesure qui conviennent.
- (3) Pour les questions dont les réponses sont verbales (avec des mots), répondez brièvement en vous limitant uniquement à ce qui vous est demandé.
- (4) Pour les graphiques, tracez les lignes droites à l'aide d'une règle.
- (5) 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.
- (6) Dans vos calculs, utilisez la valeur de 10 m/s^2 pour l'accélération de la pesanteur (à proximité de la surface de la Terre).
- (7) Écrivez vos réponses au stylo. Il ne sera pas possible de faire appel pour des réponses écrites au crayon ou effacées au Tipp-Ex.
Il est autorisé d'utiliser un crayon uniquement pour tracer des figures ou des graphiques.

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 סביר של ספרות משמעותיות ויחידות המדידה המתאימות.
- (3) בשאלות שהתשובה עליהן מילולית, יש לענות בקצרה אך ורק בנוגע למה שנשאלתם.
- (4) בגרפים, יש לסרטט קווים ישרים באמצעות סרגל.
- (5) כאשר אתם 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 .
- (6) בחישובים יש להשתמש בערך 10 m/s^2 לגודל תאוצת הנפילה החופשית (בסמוך לפני כדור הארץ).
- (7) יש לכתוב את התשובות בעט. אם תכתבו בעיפרון או תמחקו בטיפקס לא תוכלו לערער.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים וגרפים בלבד.

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!

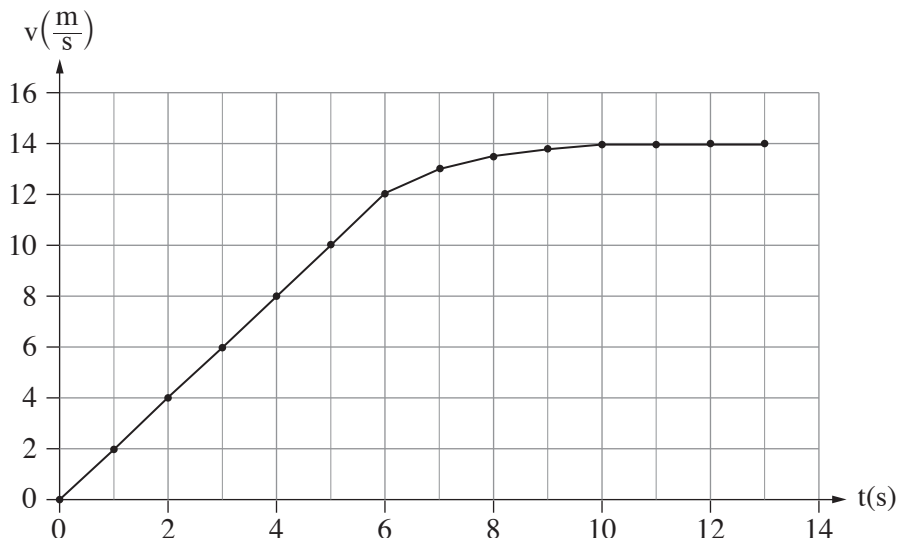
Questions

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. Le conducteur d'une voiture a débuté son trajet au repos puis a roulé le long d'une route droite. Le graphique ci-dessous décrit la vitesse de la voiture en fonction du temps.

Vitesse de la voiture en fonction du temps



- ⌘. Déterminez le type de mouvement de la voiture (vitesse constante, accélération constante, accélération variable) lors de chacune des trois étapes principales du déplacement décrites dans le graphique : $0 < t < 6 \text{ s}$, $6 \text{ s} < t < 10 \text{ s}$, $10 \text{ s} < t < 13 \text{ s}$. Justifiez vos réponses. (6 points)

Les fabricants de cette voiture déclarent qu'il est possible de faire accélérer la voiture de 0 à 100 km/h en 2,6 secondes.

- Ⓐ. Supposez que l'accélération déclarée par les constructeurs est constante et calculez de combien de fois cette accélération est supérieure à l'accélération maximale à laquelle le conducteur a roulé. (6 points)
- Ⓐ. Calculez approximativement la vitesse moyenne de la voiture lors des 13 premières secondes de son trajet. (6 points)

La voiture continue de rouler le long d'une route droite à une vitesse de 14 m/s . À un instant précis le conducteur a aperçu un ballon qui roulait en travers de la route et n'a pas voulu le percuter. Le temps qui s'est écoulé depuis l'instant où il a aperçu le ballon et jusqu'à ce qu'il appuie sur la pédale de frein (le temps de réaction) a été de 0,75 s . L'accélération de freinage de la voiture est de $3,5 \text{ m/s}^2$.

- Ⓙ. Calculez le temps qui s'est écoulé depuis l'instant où le conducteur a appuyé sur la pédale de frein et jusqu'à ce que la voiture s'arrête. (6 points)
- Ⓚ. Calculez la distance totale que la voiture a parcourue depuis l'instant où le conducteur a aperçu le ballon et jusqu'à ce que la voiture s'arrête. (6 points)

Sur une affiche de l'Autorité nationale de la sécurité routière, il est écrit :

" 10 km/h de moins, c'est deux fois plus de chances de vivre".

Le conducteur a déduit que cette phrase signifiait que s'il réduisait la vitesse de sa voiture de 10 km/h , sa distance de freinage serait divisée par deux. La distance de freinage correspond à la distance minimale que la voiture parcourt depuis l'instant où le conducteur appuie sur les freins et jusqu'à l'arrêt de la voiture.

- Ⓛ. Une réduction de la vitesse de la voiture de 10 km/h diviserait-elle sa distance de freinage par deux, indépendamment de la vitesse à laquelle elle roule ? Justifiez votre réponse. ($3\frac{1}{3}$ points)

2. Un élève a effectué trois expériences au moyen d'une boîte de masse M , et d'un rail lisse.

Dans la première expérience, l'élève a disposé le rail à l'horizontale et a déposé la boîte sur celui-ci (voir figure 1). Il a maintenu la boîte en place et y a relié un poids de masse m_1 au moyen d'un fil traversant une poulie. L'élève a libéré le système du repos.

Supposez que la masse du fil et la masse de la poulie sont négligeables, et que durant le déplacement, le poids n'atteint pas le sol et la boîte n'atteint pas la poulie.

On sait que l'accélération du système vaut $\frac{g}{4}$.

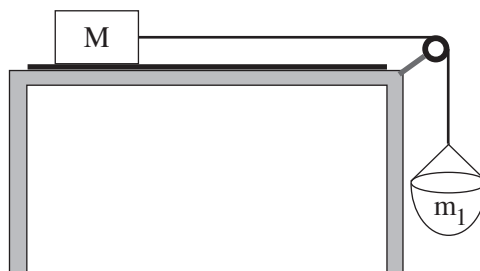


Figure 1

- א. Tracez dans votre cahier le schéma des forces s'exerçant sur la boîte M , ainsi que le schéma des forces s'exerçant sur le poids m_1 . Inscrivez le nom de chaque force à côté de celle-ci. (5 points)

- ב. Exprimez la masse du poids m_1 en fonction de la masse M de la boîte. (6 points)

- ג. Calculez le rapport entre la grandeur de la tension du fil tant que le système est maintenu au repos et la grandeur de la tension du fil après que le système a été libéré. (7 points)

Dans la deuxième expérience, l'élève a soulevé l'une des extrémités du rail de sorte que celui-ci était incliné selon angle α par rapport à l'horizontale. Il a retiré le poids m_1 du système et a déposé la boîte M à l'extrémité inférieure du rail, puis l'a poussée vers le haut du rail incliné (voir figure 2).

Dans cette expérience également, l'accélération de la boîte vaut $\frac{g}{4}$.

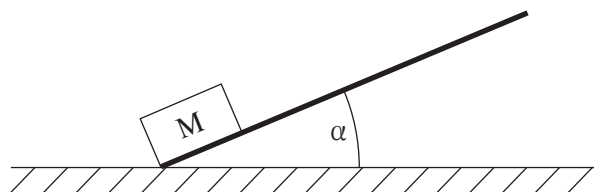


Figure 2

- ד. Calculez α , l'angle d'inclinaison. (7 points)

Après que la boîte est montée le long du rail, elle s'est immobilisée momentanément puis est redescendue le long du rail.

- ה. Déterminez si l'accélération de la boîte à l'instant où elle s'est immobilisée momentanément, est égale à zéro. Justifiez votre réponse. (5 points)

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

Dans la troisième expérience, l'élève a déposé un corps dans la boîte, et l'a attaché à la paroi de la boîte au moyen d'un fil parallèle au rail.

Il a déposé la boîte et le corps placé dedans en haut du rail, puis les a libéré du repos (voir figure 3).

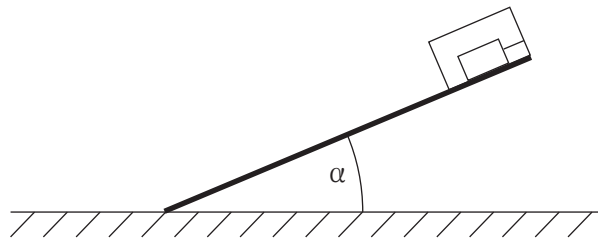
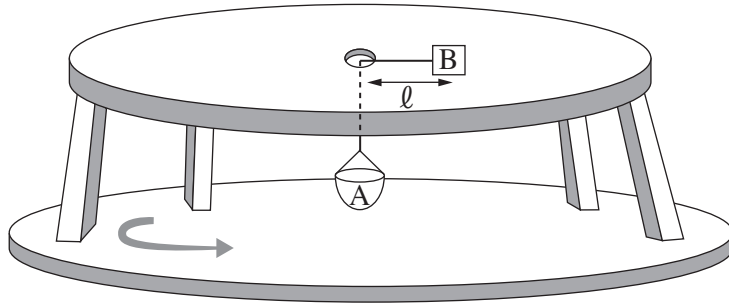


Figure 3

1. Quelle était la grandeur de la tension du fil durant la descente de la boîte ? Justifiez votre réponse. ($3\frac{1}{3}$ points)

3. Soit un système composé d'une table horizontale comportant un trou en son centre, ainsi que deux corps A et B (voir figure). Le corps B est posé sur la table et le corps A est un panier suspendu sous la table au moyen d'une corde qui passe à travers le trou et qui est reliée au corps B. Le frottement entre la corde et le bord du trou de la table est négligeable. La distance entre le corps B et le centre du trou de la table est ℓ . La table et le corps B posé dessus, sont placés sur un plan tournant à une fréquence f constante. Le centre de la table est le centre de rotation. La longueur de la distance ℓ et la fréquence f de rotation du système demeurent constantes tout au long de la question.



Données : $m_A = 0,1 \text{ kg}$, $m_B = 0,3 \text{ kg}$, $\ell = 0,4 \text{ m}$.

Dans le cas de figure décrit, aucune force de frottement ne s'exerce entre le corps B et la table.

- א. En considérant ce cas de figure, tracez le schéma des forces s'exerçant sur chacun des deux corps. Inscrivez le nom de chaque force à côté de celle-ci. (5 points)
- ב. Calculez la fréquence f . (7 points)

Dans un autre cas de figure, on a ajouté au panier A un poids dont la masse est égale à la masse du panier. La distance ℓ ainsi que la fréquence f n'ont pas varié.

Dans ce cas de figure, une force de frottement statique s'exerce entre le corps B et la table.

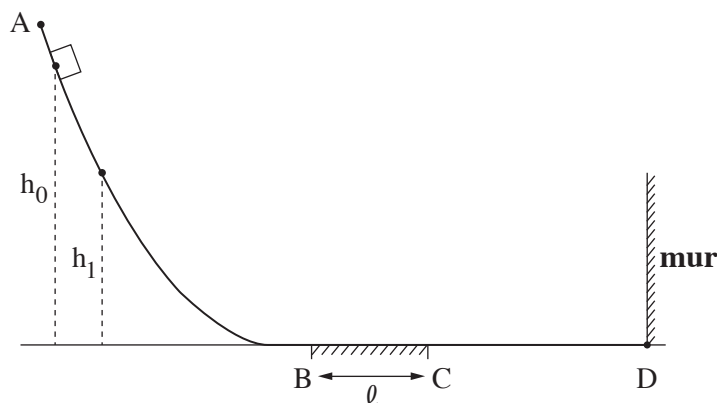
- ג. Quelle est la grandeur et quelle est la direction de la force de frottement statique qui s'exerce sur le corps B ? (7 points)
- ד. Calculez le coefficient de frottement statique μ_s minimal entre la table et le corps B , permettant ce mouvement. (6 points)

Sans retirer le poids qui a été ajouté au panier, on a joint au-dessus du corps B , un corps supplémentaire C de masse m_C .

Dans ce cas de figure, les deux corps B et C , tournent à présent ensemble selon un mouvement circulaire de rayon ℓ et de fréquence f .

- ה. Si la masse du corps C était égale à la masse du corps B ($m_B = m_C$), expliquez pourquoi dans ce cas de figure, aucune force de frottement statique ne s'exercerait entre le corps B et la table. (5 points)
- ו. Si la masse du corps C était supérieure à la masse du corps B ($m_B < m_C$), déterminez la direction de la force de frottement statique que la table exercerait sur le corps B . Justifiez votre réponse. ($3\frac{1}{3}$ points)

4. Un petit corps de masse m glisse sur un rail ABCD relié au mur en un point D (voir figure). Les segments AB et CD du rail sont lisses. La longueur du segment horizontal BC est ℓ , et le coefficient de frottement entre lui et le corps est μ .



On a libéré le corps du repos à une hauteur h_0 (voir figure). Le corps s'est déplacé sur le rail en direction du mur, l'a heurté au point D avec un choc (parfaitement) élastique, puis est revenu en arrière sur le rail. En revenant en arrière, le corps a atteint une hauteur maximale h_1 .

- א. Tracez le schéma des forces s'exerçant sur le corps lorsqu'il s'est déplacé sur le segment BC, lors de son déplacement du point B vers le point C. Inscrivez le nom de chaque force à côté de celle-ci. (4 points)
- ב. Donnez une expression du travail de la force de frottement au cours du déplacement du corps depuis la hauteur h_0 et jusqu'à qu'il atteigne la hauteur h_1 lors de son retour en arrière en remontant le rail. Utilisez les paramètres m , ℓ et μ . (4 points)

Après que le corps a atteint la hauteur h_1 , il a poursuivi son déplacement sur le rail ABCD en effectuant plusieurs fois l'aller-retour. À chaque fois, le corps a atteint une hauteur maximale différente, h_n . La hauteur h_n que le corps a atteint a été mesurée $n = 5$ fois.

- ג. Donnez une expression de la hauteur h_n en fonction de n . Utilisez les paramètres h_0 , ℓ et μ . (6 points)

Les résultats des mesures figurent dans le tableau suivant :

Numéro de la mesure n	1	2	3	4	5
h_n (m)	1,30	1,12	0,88	0,73	0,53

- ד. (1) Tracez le diagramme de dispersion (des points dans un repère) de h_n en fonction de n .
 (2) Ajoutez à ce diagramme de dispersion la droite qui lui correspond le mieux (droite de régression)
 (8 points)

Donnée : $\ell = 0,25$ m

- ה. En vous aidant du graphique que vous avez tracé, déterminez :
 (1) La hauteur initiale h_0 de laquelle le corps a été libéré.
 (2) Le coefficient de frottement μ .
 (8 points)

Lors d'une expérience supplémentaire, on a tapissé le mur avec une certaine matière, puis on a de nouveau libéré le corps du repos de la hauteur h_0 . La valeur de la hauteur h'_1 qui a été mesurée lors de cette expérience supplémentaire était inférieure à la hauteur h_1 qui a été mesurée lors de la précédente expérience.

- ג. Déterminez si le travail de la force de réaction que le mur a exercé sur le corps au cours du choc dans l'expérience supplémentaire était positif, négatif ou égal à zéro. Justifiez votre réponse. ($3\frac{1}{3}$ points)

5. Linoy Ashram, la gymnaste rythmique israélienne, a remporté la médaille d'or aux Jeux olympiques de Tokyo (2021) au concours général individuel. L'un des exercices qu'elle a exécuté avec succès a été celui avec un ballon.

Une élève qui s'entraîne elle-aussi à la gymnastique rythmique a effectué un premier exercice avec un ballon dont la masse était de 400 grammes. Elle a lancé le ballon verticalement vers le haut à partir d'une hauteur de 1 mètre. Le ballon a atteint une hauteur maximale de 6 mètres au-dessus du sol, puis est retombé sur le sol. Supposez que la résistance de l'air est négligeable lors de toutes les étapes du déplacement du ballon.

- a. Calculez la vitesse du ballon à l'instant où il a atteint le sol. (6 points)
- b. La vitesse du ballon à l'instant où il a quitté les mains de l'élève était-elle inférieure, supérieure ou égale à la vitesse du ballon à l'instant où il a atteint le sol ? Justifiez votre réponse. (5 points)

Après que le ballon a atteint le sol, il a rebondi dessus verticalement vers le haut. La vitesse du ballon immédiatement après son rebond sur le sol était égale à la vitesse du ballon lorsqu'il a atteint le sol.

- a. Une impulsion a-t-elle été exercée sur le ballon lors de son impact sur le sol ? Si oui, calculez la grandeur de cette impulsion, si non, expliquez. (6 points)
- b. Un travail a-t-il été effectué sur le ballon lors de son impact sur le sol ? Si oui, calculez la grandeur de ce travail, si non, expliquez. (6 points)

L'élève a effectué un deuxième exercice, cette fois avec deux ballons identiques, le ballon 1 et le ballon 2. L'élève a lancé le ballon 1 de la même manière qu'elle avait lancé le ballon dans le premier exercice, mais cette fois-ci, elle a placé le ballon 2 sur le trajet du ballon 1 lorsque ce dernier revenait du sol. Elle a libéré le ballon 2 du repos à une hauteur de 1 mètre, exactement à l'instant où le ballon 1 atteignait cette hauteur, et les deux ballons sont entrés en collision.

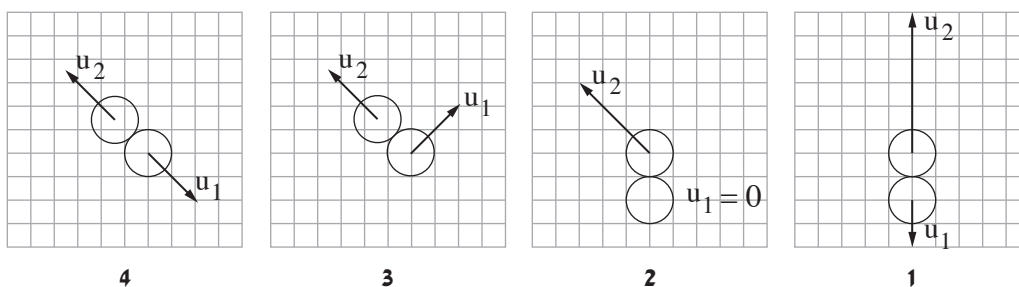
Supposez que le choc entre les ballons était (parfaitement) élastique et qu'il a duré un temps très court, et que de plus il était frontal (la direction du déplacement du ballon 1 avant le choc se confondait avec la ligne verticale reliant les centres des deux ballons).

- a. Calculez la vitesse de chacun des deux ballons immédiatement après le choc. (6 points)

L'élève a effectué l'exercice avec les deux ballons plusieurs fois, et à chaque fois le choc entre les ballons était (parfaitement) élastique. Certaines fois le choc entre les ballons était frontal et d'autres fois il n'était pas frontal.

- a. Chacun des schémas 1-4 ci-dessous représente deux ballons à l'instant qui suit le choc entre eux. Les flèches sur les ballons dans les schémas représentent leurs vitesses (avec une échelle uniforme) immédiatement après le choc.

Déterminez quel est le schéma qui pourrait représenter l'état des ballons lors de l'un des exercices de l'élève. Justifiez votre réponse. ($4\frac{1}{3}$ points)



Gravitation

6. *Bereshit 2* est le nom de la sonde spatiale israélienne que les ingénieurs de la société SPACE IL ont conçue et qu'ils projettent de lancer vers la Lune dans quelques années. La sonde est conçue pour embarquer à son bord deux atterrisseurs qui aluniront en deux lieux différents sur la surface de la Lune. La question qui suit a été écrite en s'inspirant du programme de lancement de *Bereshit 2*, cependant les données ne sont pas identiques à celle du programme.

Une sonde avec à son bord deux atterrisseurs, l'atterrisseur 1 et l'atterrisseur 2, est lancée depuis la Terre sur une fusée et se déplace vers la Lune.

- א. Calculez à quelle distance du centre de la Terre, la grandeur de la force de gravitation que la Terre exerce sur la fusée est égale à la grandeur de la force de gravitation que la Lune exerce sur la fusée. (7 points)

Dans les article ב-ה, supposez que la force de gravitation que la Terre exerce sur la sonde et sur les atterrisseurs est négligeable en comparaison de la force de gravitation que la Lune exerce sur eux. La sonde introduit chacun des deux atterrisseurs sur une orbite circulaire différente autour de la Lune : l'atterrisseur 1 sur une orbite de rayon r_1 , et l'atterrisseur 2 sur une orbite de rayon r_2 . Lorsque l'atterrisseur 1 effectue neuf révolutions autour de la Lune, l'atterrisseur 2 effectue dix révolutions autour d'elle.

- ב. Calculez $\frac{r_1}{r_2}$. (8 points)

L'atterrisseur 2 se déplace sur une orbite circulaire autour de la Lune à une hauteur $h = 260$ km au-dessus de la surface de la Lune.

- ג. Au cours de son déplacement circulaire autour de la Lune, l'atterrisseur 2 a-t-il une accélération ? Si oui, calculez la grandeur de l'accélération de l'atterrisseur. Si non, expliquez pourquoi l'atterrisseur n'a pas accélération. (8 points)

Dans la formule de la gravitation universelle, les masses des deux corps figurent de manière symétrique. Ce fait correspond à l'une des lois de Newton.

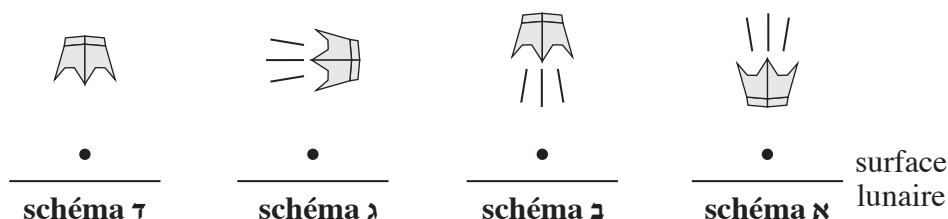
- ד. Indiquez le nom de cette loi (ou bien écrivez-la), puis expliquez le lien qui existe entre celle-ci et la formule de la gravitation universelle. (5 points)

Le déplacement de chacun des deux atterrisseurs est commandé par un moteur à réaction dégageant du gaz lors de son fonctionnement.

Au moment de l'alunissage de l'atterrisseur 1 sur la surface lunaire, il se rapproche de la Lune selon une trajectoire rectiligne perpendiculaire à la surface lunaire, puis s'immobilise (momentanément) en un certain point O se trouvant au-dessus de la surface lunaire.

Les schémas א-ג ci-dessous décrivent des états où le moteur dégage un jet gazeux vers différentes directions, et le schéma ד décrit un état où le moteur **ne fonctionne pas** et ne dégage pas de jet gazeux.

- ה. Déterminez lequel des schémas א-ד décrit l'état qui permet l'immobilisation momentanée de l'atterrisseur au point O. Justifiez votre choix. ($5\frac{1}{3}$ points)

**Légende :**

- atterrisseur
 jet gazeux
 point O

Bonne chance!

Tous droits réservés à l'État d'Israël.
 Toute copie ou publication est interdite sans l'autorisation du
 Ministère de l'Éducation.

בהצלחה!

זכות היוצרים שמורה למדינת ישראל
 אין להעתיק או לפרסם אלא ברשות משרד החינוך