

Physique

Mécanique, optique et ondes

destiné aux élèves inscrits en 5 unités d'étude

Instructions au candidat

א. Durée de l'examen : deux heures et demie (150 minutes).

ב. Structure du questionnaire et barème de notation :

Ce questionnaire comporte deux parties.

Première partie — Mécanique — 3×25 — 75 points

Deuxième partie — Optique et ondes — $2 \times 12\frac{1}{2}$ — 25 points

Total — 100 points

ג. Matériel auxiliaire autorisé :

- (1) Calculatrice.
- (2) Formules et données de physique jointes en annexe au questionnaire.
- (3) Dictionnaire hébreu-langue étrangère / langue étrangère-hébreu.

ד. Instructions supplémentaires :

- (1) Répondez au nombre de questions demandé. Les réponses à des questions supplémentaires ne seront pas corrigées (les réponses seront corrigées selon leur ordre d'apparition dans le cahier d'examen).
- (2) En résolvant des questions nécessitant un calcul, donnez les formules que vous utilisez.
Lorsque vous utilisez un symbole qui ne figure pas dans le formulaire, donnez sa signification.
Avant d'effectuer des opérations de calcul, substituez les valeurs correspondantes dans les formules.
Écrivez le résultat obtenu dans les unités appropriées. Le fait de ne pas donner la formule, de ne pas substituer les valeurs ou de ne pas donner les unités est susceptible de vous faire perdre des points.
- (3) 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, telles que l'accélération de la pesanteur g ou la charge fondamentale e .
- (4) Dans vos calculs, utilisez la valeur de 10 m/s^2 pour l'accélération de la pesanteur.
- (5) 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 n'est autorisé d'utiliser un crayon que pour tracer des figures.

Tout ce que vous voulez écrire en tant que brouillon (plans, calculs, etc...), doit être écrit dans votre cahier d'examen uniquement, sur des pages séparées.

Indiquez "טיטה" 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 !

Bonne chance!

פיזיקה

מכניקה, אופטיקה וגלים

לתלמידי 5 יחידות לימוד

הוראות לנבחן

א. משך הבחינה: שתיים וחצי (150 דקות).

ב. מבנה השאלון ומפתח ההערכה:

בשאלון זה שני פרקים.

פרק ראשון — מכניקה — 25×3 — 75 נקודות

פרק שני — אופטיקה וגלים — $12\frac{1}{2} \times 2$ — 25 נקודות

סה"כ — 100 נקודות

ג. חומר עזר מותר בשימוש:

- (1) מחשבון.
- (2) נספח נוסחאות ונתונים בפיזיקה המצורף לשאלון.
- (3) מילון עברי-לועזי / לועזי-עברי.

ד. הוראות מיוחדות:

- (1) ענה על מספר שאלות כפי שהתבקשת. תשובות לשאלות נוספות לא ייבדקו.
(התשובות ייבדקו לפי סדר הופעתן במחברת הבחינה).
- (2) בפתרון שאלות שנדרש בהן חישוב, רשום את הנוסחאות שאתה משתמש בהן.
כאשר אתה משתמש בסימן שאינו בדפי הנוסחאות, כתוב במילים את פירושו הסימן.
לפני שאתה מבצע פעולות חישוב, הצב את הערכים המתאימים בנוסחאות.
רשום את התוצאה שקיבלת ביחידות המתאימות. אי-רישום הנוסחה או אי-ביצוע ההצבה או אי-רישום היחידות עלולים להפחית נקודות מן הציון.
- (3) כאשר אתה נדרש להביע גודל באמצעות נתוני השאלה, רשום ביטוי מתמטי הכולל את נתוני השאלה או חלקם; במידת הצורך אפשר להשתמש גם בקבועים בסיסיים, כגון תאוצת הנפילה החופשית g או המטען היסודי e .
- (4) בחישוביך השתמש בערך 10 m/s^2 לתאוצת הנפילה החופשית.
- (5) כתוב את תשובותיך בעט. כתיבה בעיפרון או מחיקה בטיפקס לא יאפשרו ערעור.
מותר להשתמש בעיפרון לסרטטים בלבד.

כתוב במחברת הבחינה בלבד, בעמודים נפרדים, כל מה שברצונך לכתוב כטיטה (ראשי פרקים, חישובים וכדומה).

רשום "טיטה" בראש כל עמוד טיטה. רישום טיטות כלשהן על דפים שמחוץ למחברת הבחינה עלול לגרום לפסילת הבחינה!

בהצלחה!

Questions

Répondez à trois des questions 1-5.

(25 points par question ; le nombre de points attribués à chaque article est donné en fin d'énoncé)

1. Dans le cadre de leur travail de recherche en physique, des lycéens ont décidé d'étudier les caractéristiques du mouvement de corps lancés verticalement. Pour cela, ils sont montés sur une tour de hauteur H puis ont lancé simultanément trois balles identiques : A , B et C . La balle A a été lancée vers le bas avec une vitesse initiale de grandeur v_0 , la balle B a été lancée vers le haut avec une vitesse initiale dont la grandeur est identique à la grandeur de la vitesse initiale de la balle A , et la balle C a été lâchée tandis qu'elle se trouvait au repos. Les trois balles ne se sont pas heurtées au cours de leur déplacement. Les lycéens ont fixé le sens vertical positif vers le bas. Ils ont tracé la courbe vitesse-temps de l'une des balles, allant de l'instant où elle a été lancée jusqu'à celui juste avant qu'elle n'atteigne le sol, tel que cela est décrit dans la figure ci-dessous.

Vitesse de la balle en fonction du temps



Dans les articles α - τ , supposez que la force de frottement entre les balles et l'air est négligeable.

- α . Déterminez si la courbe représente la vitesse de la balle A , de la balle B ou de la balle C .
Justifiez votre réponse. (5 points)
- τ . Déterminez la hauteur H de la tour. (5 points)

- ג. Calculez la distance verticale entre la position de la balle A et la position de la balle B , à l'instant $t = 2 \text{ s}$. (6 points)

Les lycéens ont ajouté dans le même repère, les courbes correspondant aux deux autres balles.

- ד. Expliquez la signification physique de chacune des valeurs (1)-(3) ci-dessous, puis déterminez lesquelles de ces valeurs ont une grandeur numérique identique pour les trois courbes.

(1) le coefficient directeur de la courbe

(2) le point d'intersection de la courbe avec l'axe de la vitesse

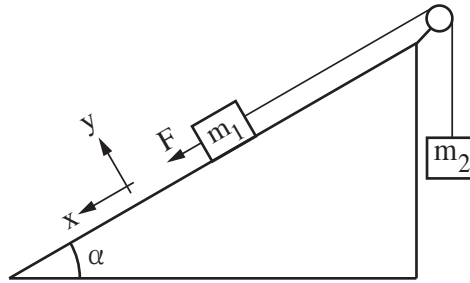
(3) l'aire délimitée par la courbe et l'axe du temps

(6 points)

- ה. Dans cet article, supposez qu'entre chaque balle et l'air, s'exerce une force de frottement de grandeur constante et inférieure au poids de la balle. Pour rappel, les balles sont identiques.

Déterminez si la grandeur de la vitesse de la balle A à l'instant où elle atteint le sol est **inférieure**, **supérieure** ou **égale** à la grandeur de la vitesse de la balle B à l'instant où elle atteint le sol. Justifiez votre réponse au moyen de considérations énergétiques ou cinématiques. (3 points)

2. En laboratoire de physique, une élève a monté le système représenté dans cette figure.



Le système est constitué de deux corps de masse m_1 et m_2 . Le corps m_1 est posé sur une pente lisse dont l'angle d'inclinaison est α .

Le corps m_2 est suspendu et relié au corps m_1 par un fil passant par une poulie dépourvue de frottement (voir figure).

La longueur du fil est constante, et les corps n'atteignent la poulie à aucun moment.

La résistance de l'air, la masse de la poulie et la masse du fil sont négligeables.

L'élève a maintenu le système au repos. À un instant donné, elle a libéré le système, et au même instant elle a commencé à exercer sur le corps m_1 une force constante de grandeur F dans le sens descendant de la pente et parallèle à celle-ci, tel que cela est décrit dans la figure (ce sens est défini comme positif).

Le corps m_1 s'est déplacé en descendant la pente, et l'élève a mesuré l'accélération du système.

- א. Tracez dans votre cahier le schéma des forces s'exerçant sur chacun des deux corps au cours du déplacement. Notez le nom de chaque force à côté de celle-ci. (4 points)
- ב. Développez une expression linéaire (de la forme $y = Ax + B$) donnant l'accélération a en fonction de la grandeur F de la force. Exprimez votre réponse au moyen de g , α , m_1 , m_2 et F . (6 points)

L'élève a répété l'expérience plusieurs fois. À chaque fois, elle a modifié la grandeur F de la force puis a mesuré la grandeur de l'accélération a .

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

$F(N)$	20	30	40	50	60
$a\left(\frac{m}{s^2}\right)$	3,0	5,0	7,4	9,1	12,5

- ג. Tracez dans votre cahier la courbe de a (l'accélération du système) en fonction de la force F . (7 points)

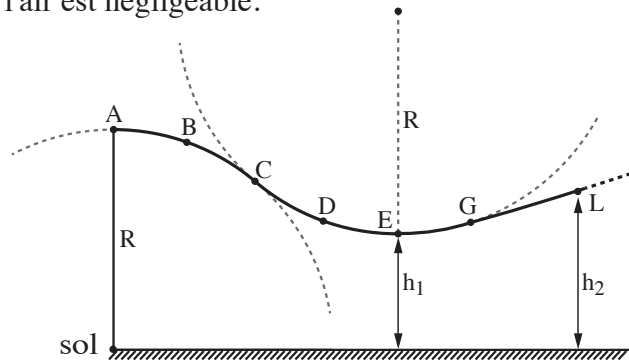
Donnée : la masse des deux corps est égale, $m_1 = m_2 = m$.

- ד. Calculez la masse m en vous basant sur la courbe que vous avez tracée. (5 points)
- ה. En vous aidant de la courbe, déterminez la grandeur de la force F pour laquelle le système se déplacera selon un mouvement uniforme (la grandeur de la vitesse est constante). Expliquez votre réponse. (3 points)

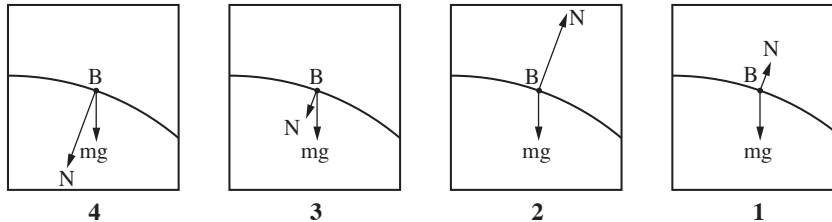
3. La figure ci-dessous représente une piste de patinage sur glace composée de trois segments : AC , CG et GL . Les deux premiers segments, AC et CG , sont des arcs circulaires de rayon R . Le troisième segment, GL , est une piste non-circulaire. Sur les segments AC et CG , le frottement entre le patineur et la piste est négligeable, tandis qu'à partir du point G , il existe un frottement non négligeable.

Un patineur au repos amorce son déplacement au point A . Il se déplace uniquement en glissant et ne s'aide pas de bâtons de ski. Tout au long de son déplacement, le patineur reste en contact avec la piste.

La résistance de l'air est négligeable.



- ⌘. Déterminez lequel des schémas 1-4 ci-dessous représente correctement le schéma des forces s'exerçant sur le patineur au point B. Justifiez votre réponse. (6 points)



- ⌘. (1) Déterminez si l'accélération du patineur au point D comporte une composante tangentielle. Justifiez votre réponse.
 (2) Recopiez dans votre cahier (approximativement) le segment circulaire CG , puis ajoutez à ce schéma une flèche décrivant l'accélération totale du patineur au point D (il n'est pas nécessaire d'effectuer de calcul).
 (5 points)

Données : $R = 60\text{m}$, la masse du patineur avec son équipement est $m = 80\text{kg}$.

La hauteur du point E au-dessus du sol est $h_1 = 32\text{m}$ (le point E est le point le plus bas de la piste)

- ⌘. Calculez la grandeur de la vitesse du patineur lorsqu'il passe au point E . (4 points)
 7. Calculez la force (grandeur et direction) que le patineur exerce sur la piste au point E .
 (6 points)

Donnée : le travail total de la force de frottement du point G au point d'arrêt du patineur, est de 20 kJ .

La hauteur du point L au-dessus du sol est $h_2 = 36\text{m}$.

- ⌘. Déterminez si le patineur a atteint le point L . Expliquez votre réponse à l'aide d'un calcul. (4 points)

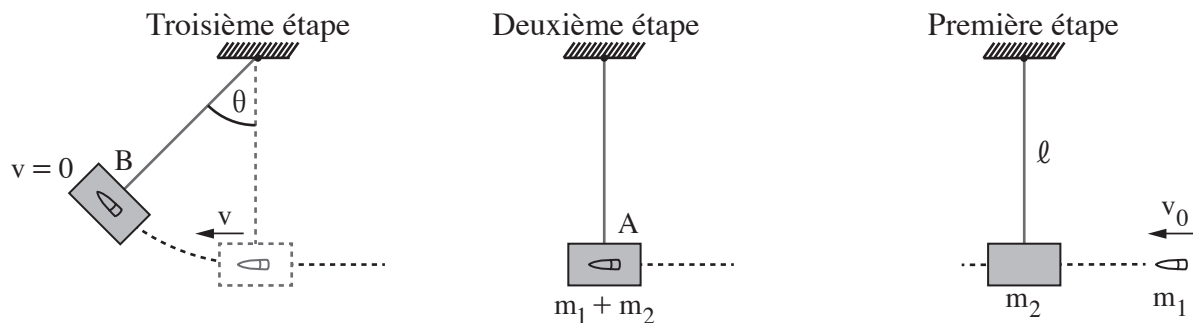
4. Jusqu'au dix-huitième siècle, il n'était pas possible de mesurer la vitesse des corps rapides tels qu'une balle de fusil. En 1742, le scientifique anglais Benjamin Robins a mis au point une technique permettant de mesurer la vitesse des balles au moyen d'un pendule balistique. La figure ci-dessous décrit cette technique en trois étapes.

Lors de la première étape, une balle de masse m_1 est tirée en direction d'un corps de masse m_2 suspendu à un fil de longueur ℓ .

Lors de la deuxième étape, la balle atteint le corps en un point A à une vitesse horizontale de grandeur v_0 , pénètre dans le corps et s'arrête à l'intérieur. La durée de la pénétration de la balle dans le corps est très courte, ainsi le déplacement du corps durant ce temps est négligeable.

Lors de la troisième étape, le corps (avec la balle à l'intérieur) s'élève jusqu'au point B où il s'arrête un instant. En ce point, l'angle de déviation du fil par rapport à la verticale est θ .

Négligez la résistance de l'air ainsi que la masse du fil.



Les articles suivants concernent le système corps + balle.

- a. Déterminez si la quantité de mouvement et l'énergie mécanique sont conservées durant l'intervalle de temps allant de l'instant de l'impact de la balle dans le corps jusqu'à son arrêt à l'intérieur du corps. Expliquez vos réponses. (4 points)
- b. Déterminez si la quantité de mouvement et l'énergie mécanique sont conservées durant l'intervalle de temps allant du début du déplacement du corps jusqu'à son arrêt instantané au point B. Expliquez vos réponses. (4 points)

Données du système : la masse de la balle est $m_1 = 0.015\text{kg}$, la masse du corps est $m_2 = 4.985\text{kg}$, la longueur du fil est $\ell = 0.6\text{m}$, l'angle maximal de déviation du fil est $\theta = 12^\circ$.

- a. Calculez l'énergie cinétique du système, immédiatement après que le corps (avec la balle à l'intérieur) a amorcé son déplacement à partir du point A. (7 points)
- b. Calculez v_0 , la vitesse de la balle à l'instant de son impact avec le corps. (6 points)
- c. Calculez l'énergie mécanique "perdue" à cause du frottement. (4 points)

5. L'agence spatiale israélienne, en collaboration avec l'agence spatiale française, a lancé en août 2017 un mini-satellite nommé VEN μ S (Vegetation & Environment on a New **Micro** Satellite) destiné à l'observation et à une recherche scientifique spécifique. Ce satellite est équipé de moyens technologiques perfectionnés, dont certains ont été conçus et fabriqués en Israël. Le satellite photographiera depuis l'espace, entre autres, des champs et des terrains, à des fins de recherche sur le contrôle de l'état des sols, de la végétation et de la qualité de l'eau.

Supposez que le satellite se déplacera selon une trajectoire circulaire de rayon $r = 7\,100\text{ km}$.

- ⌘. Calculez l'accélération de la pesanteur du satellite au cours de son déplacement (grandeur et direction). (6 points)
- Ⓐ. Calculez la période et la vitesse tangentielle du satellite. (8 points)

Imaginons qu'à l'avenir, un satellite identique soit placé dans une trajectoire circulaire autour de la planète Mars.

Données : M_E et R_E sont la masse et le rayon de la Terre.

M_M et R_M sont la masse et le rayon de la planète Mars.

$$M_E = 9,3M_M \quad , \quad R_E = 1,88R_M \quad .$$

Dans les articles Ⓐ-Ⓙ supposez que le rayon de la trajectoire du satellite tournant autour de Mars est égal au rayon de la trajectoire de VEN μ S tournant autour de la Terre ($r = 7\,100\text{ km}$).

- Ⓐ. Déterminez si l'accélération de la pesanteur du satellite tournant autour de Mars est **inférieure**, **supérieure** ou **égale** à celle que vous avez calculée à l'article ⌘. **Justifiez votre réponse.** (5 points)

Un élève affirme que les périodes des deux satellites sont égales. Il se fonde sur la troisième loi de Kepler et sur le fait que les rayons des deux trajectoires sont égaux.

- Ⓙ. Expliquez pourquoi l'affirmation de cet élève est fausse. (3 points)

T_1 est la période d'un satellite se déplaçant selon une trajectoire de rayon r_1 autour de Mars, et T_2 est la période d'un satellite identique se déplaçant selon une trajectoire r_2 autour de la Terre ($r_1 \neq r_2$).

- Ⓝ. Exprimez la relation $\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ en fonction de r_1 et de r_2 . (3 points)

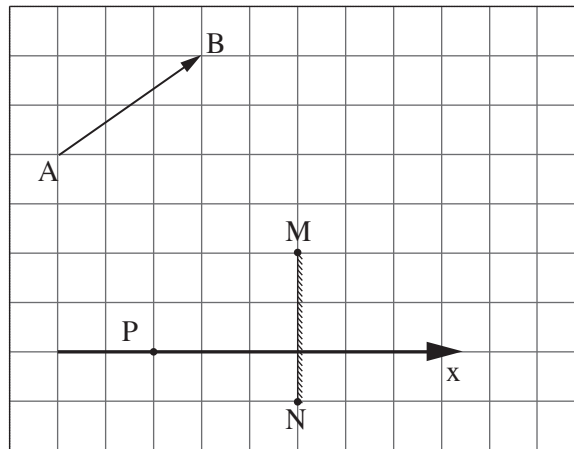
Deuxième partie — Optique et ondes (25 points)

Répondez à deux des questions 6-8.

($12\frac{1}{2}$ points par question ; le nombre de points attribués à chaque article est donné en fin d'énoncé).

6. La figure ci-dessous représente la section d'un miroir plan MN, un objet AB en forme de flèche et un point P où se situe l'oeil d'un observateur.

La longueur du côté de chaque case de cette figure représente une longueur de 20 cm dans la réalité.



- ⌘. Recopiez la figure dans votre cahier. Chaque case de la figure sera représentée par une case dans votre cahier. (1 point)
- ⌚. Tracez dans la figure de votre cahier :
- (1) l'image A_1B_1 de l'objet AB créée par le miroir.
 - (2) le trajet du rayon émergeant de l'extrémité A de l'objet, qui atteint le miroir puis est réfléchi par celui-ci vers le point P (l'oeil). Détaillez votre raisonnement.
- (5 points)

L'observateur (l'oeil) peut se déplacer le long de l'axe des x représenté sur la figure.

- ⌘. Déterminez s'il doit s'éloigner ou s'approcher du miroir afin de voir dans le miroir une plus grande partie de l'image A_1B_1 . (3 points)
- ⌚. En vous aidant de la figure, déterminez la distance minimale (en centimètres) au point P que l'oeil doit parcourir le long de l'axe des x afin de voir la totalité de l'image A_1B_1 (soyez attentif à l'échelle). ($3\frac{1}{2}$ points)

7. Une source de lumière ponctuelle S se trouve dans l'air ($n = 1$). Un rayon lumineux émis par cette source se propage dans l'air, puis atteint le point P situé à la surface du liquide contenu dans le récipient (voir figure 1). Une partie de la lumière est réfléchiée et une partie est réfractée. La source de lumière S est la seule des environs.

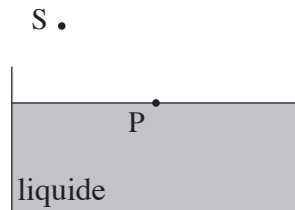


Figure 1

- א. Recopier cette figure dans votre cahier puis ajoutez-y :
- (1) le rayon lumineux qui est émis par la source S puis atteint le liquide au point P .
 - (2) le trajet du rayon lumineux réfléchi au point P par la surface du liquide.
 - (3) le trajet du rayon lumineux réfracté par le liquide.
- (1 point)
- ב. Sur votre schéma, indiquez l'angle d'incidence du rayon lumineux par la lettre α , l'angle de réflexion par la lettre β , et l'angle de réfraction par la lettre γ . (1 point)
- ג. Déterminez si dans ce cas précis l'angle de réflexion β est **supérieur**, **inférieur** ou **égal** à l'angle de réfraction γ . Justifiez votre réponse. (3 points)

Donnée : $\alpha = 51^\circ$, l'angle formé par le rayon réfracté et le rayon réfléchi mesure 90° .

- ד. Calculez l'indice de réfraction du liquide. (4 points)

On place la source de lumière ponctuelle au centre du fond du récipient contenant le liquide. La lumière émerge du liquide vers l'air à travers une partie seulement de la surface du liquide (voir figure 2).

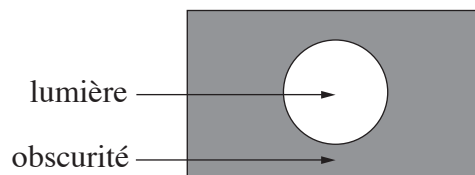


Figure 2

- ה. Expliquez ce phénomène en vous fondant sur les lois de la réfraction. ($3\frac{1}{2}$ points)

8. La figure 1 ci-dessous représente la portion d'une corde dans laquelle une onde transversale progresse vers la droite. La figure 2 représente la même portion de corde, 0,3 seconde après l'instant décrit dans par la figure 1. La période de l'onde est supérieure à 0,3 seconde.

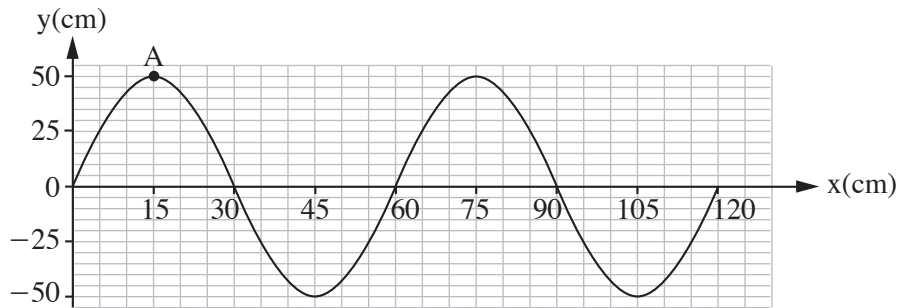


Figure 1

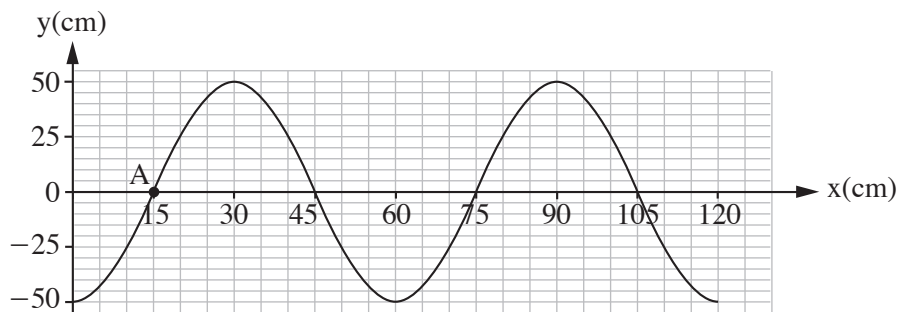


Figure 2

- א. Expliquez la différence entre une onde longitudinale et une onde transversale. (2 points)
- ב. Déterminez ou calculez :
 - (1) l'amplitude de l'onde.
 - (2) la période de l'onde.
 - (3) la fréquence de l'onde.
 (4 points)
- ג. Calculez la vitesse de progression de l'onde. (3 points)
- ד. Tracez dans votre cahier une courbe approximative représentant la hauteur du point A en fonction du temps, sur l'intervalle de temps qui sépare les deux états décrits dans les figures 1 et 2. ($3\frac{1}{2}$ points)

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