



בחינת מיון שלב ב' כיתה יא'

פתרון מלא

שאלה 1

גוף שמסתו m מחובר לחבל חסר מסה העובר דרך גלגלת חסרת חיכוך. אורכו של הקטע האופקי של החבל L (ראו תרשים א). מחברים לקטע האופקי מסה m והמערכת מגיעה לשווי משקל (ראו תרשים ב). בהזנחת כוח החיכוך בכל חלקי המערכת, מהי המתיחות בקטע האנכי של החבל?

א. $mg/2$

ב. mg

ג. $3mg/2$

ד. $2mg$

ה. $3mg$

פתרון שאלה 1

ניתן לכתוב לגבי המשקולת התלויה על החבל הא $\sum F_y = 0 \rightarrow T - mg = 0 \rightarrow T = mg$ ולכן התשובה הנכונה היא ב'

שאלה 2

בהמשך לשאלה הקודמת, מהו הגובה h (שמוגדר בתרשים בשאלה הקודמת)? בחרו את התשובה המתאימה ביותר.

א. $0.15L$

ב. $0.23L$

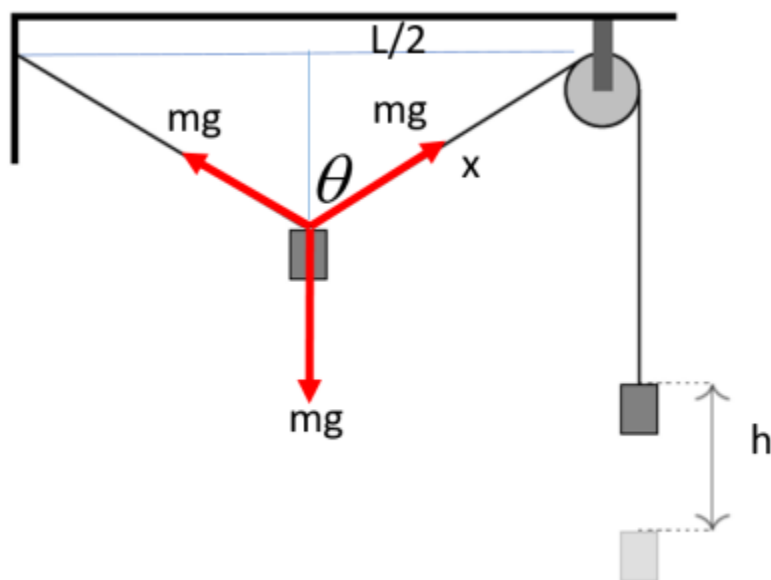
ג. $0.31L$

ד. $0.37L$

ה. $0.40L$

פתרון שאלה 2

תרשים הכוחות שפועל על המשקולת התלויה על החבל האופקי הוא:



נוכל לרשום:

$$2mg \cos \theta = mg$$

$$\rightarrow \cos \theta = 0.5 \rightarrow \theta = 60^\circ$$

מטריגונומטריה נוכל לחשב את x באופן הבא:

$$x = \frac{\frac{L}{2}}{\sin 60^\circ} = \frac{L}{\sqrt{3}} \rightarrow h = 2x - L = \frac{2L}{\sqrt{3}} - L = L \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1 \right) = 0.1547$$

ולכן התשובה היא א'

שאלה 3

גוף קטן נזרק בזווית של 30° מעל האופק מגובה של 10 מטרים מעל הקרקע ובמהירות התחלתית של 15 מטר לשנייה. באיזו זווית מתחת לאופק יפגע הגוף בקרקע? הזניחו את התנגדות האוויר.

א. 36.1°

ב. 39.1°

ג. 43.3°

ד. 50.9°

ה. 68.5°

פתרון שאלה 3

ראשית נחשב את המהירות האנכית ההתחלתית של הכדור :

$$v_y = v_0 \sin 30^\circ = 1.5 \cdot 0.5 = 7.5 \text{ m/s}$$

כלומר לאחר 0.75 שניות הוא יגיע לשיא הגובה ולאחר 1.5 שניות הוא יחזור לגובה ממנו הוא נזרק שהוא 10 מטרים מעל פני הקרקע ומהירות תהיה 7.5 מטר לשנייה כלפי מטה. עתה נוכל לחשב את הזמן עד לפגיע בקרקע:

$$y = v_{oy} + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\rightarrow 10 = 7.5t + 5t^2$$

$$\rightarrow 2t^2 + 3t - 4 = 0$$

$$\rightarrow t = 2s$$

כלומר זמן הנפילה מגובה 10 מטר במהירות התחלתית של 7.5 מטר לשנייה כלפי מטה יהיה 2 שניות. נחשב את רכיבי המהירות של הכדור בפגיעתו בקרקע.

$$v_x = 1.5 \cos 30^\circ = 12 \text{ m/s}$$

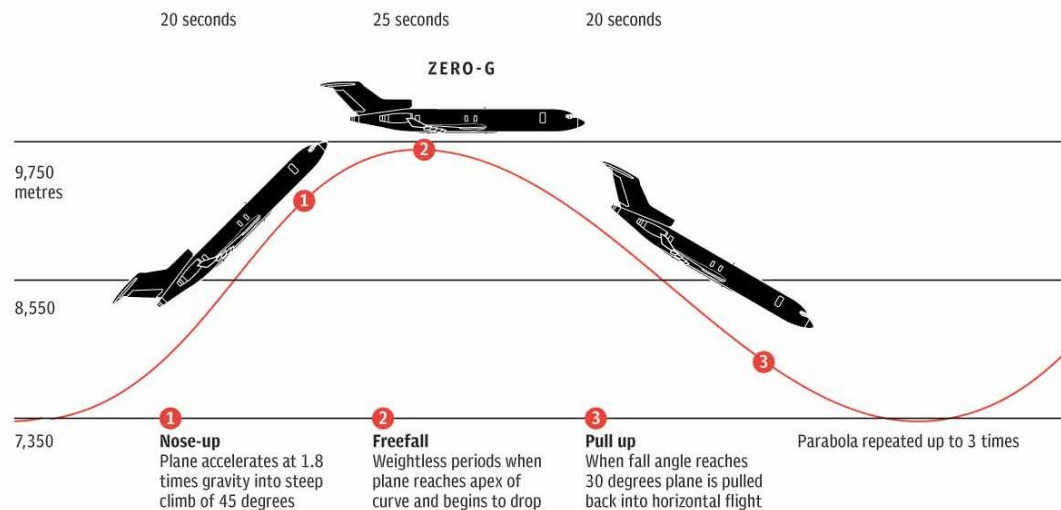
$$v_y = 7.5 + 10 \cdot 2 = 17.5 \text{ m/s}$$

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{27.5}{12} = 2.115 \rightarrow \theta = 50.9^\circ$$

ולכן התשובה היא ג'.

שאלה 4

סוכנות החלל האמריקאית נאס"א מאמנת את האסטרונאוטים שלה בתנאים של חוסר משקל (השם המדויק יותר הוא מיקרו-כבידה), על ידי טיסה במטוס מיוחד הטס במסלול פרבולי בתאוצה קבועה g כלפי הקרקע. משך הזמן המרבי של הטיסה בתנאים של חוסר משקל הוא 25 שניות וזאת בשל השינוי הגדול בגובה המטוס מעל הקרקע במהלך הטיסה. התרשים מראה באופן סכמתי את השלבים השונים של טיסת ZERO-G.



נניח שבמקום לאמן את האסטרונאוטים בתנאי חוסר משקל, מעוניינים לאמן אותם בתנאי כבידה השוררים במאדים. תאוצת הכובד במאדים היא 3.7 m/s^2 , ותאוצת הכובד על כדור הארץ היא $g = 10 \text{ m/s}^2$. מהו אורך הזמן המרבי של טיסה המדמה את הכבידה על פני מאדים? הניחו שהשינוי המקסימלי בגובה הוא זהה עבור שני המסלולים.

- 25 שניות
- 31 שניות
- 41 שניות
- 68 שניות
- 183 שניות

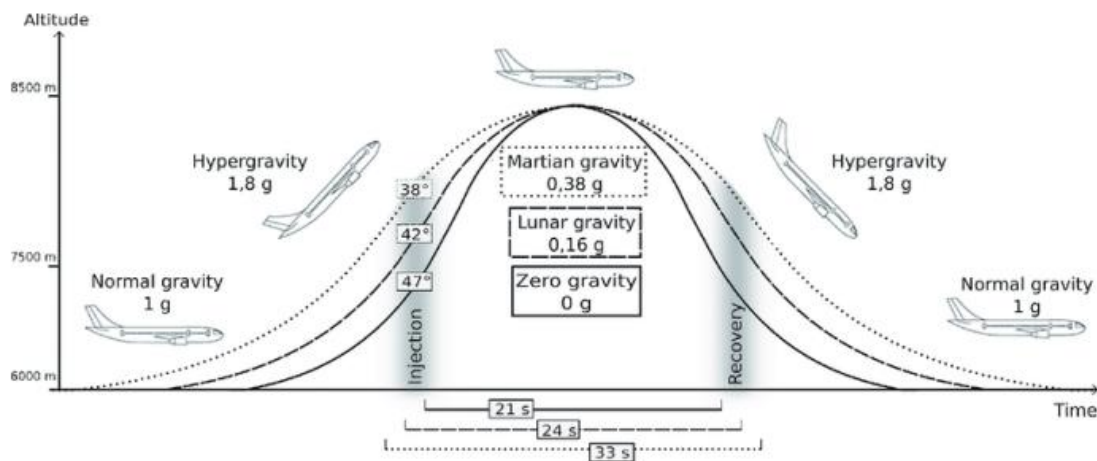
פתרון שאלה 4

התאוצה הדרושה של המטוס צריכה להיות $g - 3.7 = 10 - 3.7 = 6.3 \text{ m/s}^2$.

השינוי בגובה אמור להיות זהה לטיסה חסרת משקל ולכן נוכל לרשום:

$$\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 25^2 = \frac{1}{2} \cdot 6.3 t^2 \rightarrow t = 31 \text{ s}$$

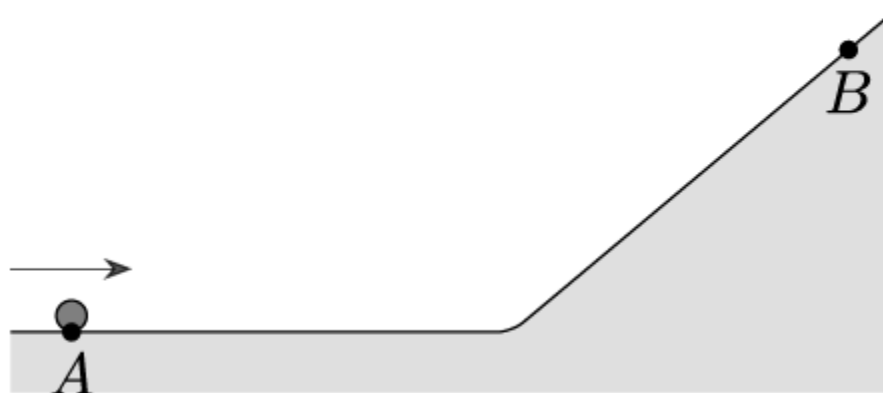
מסלולי הטיסה השונים המתאימים לכבידה של מאדים והירח מוצגים באיור הבא (עם נתוני זמן מעט שונים).



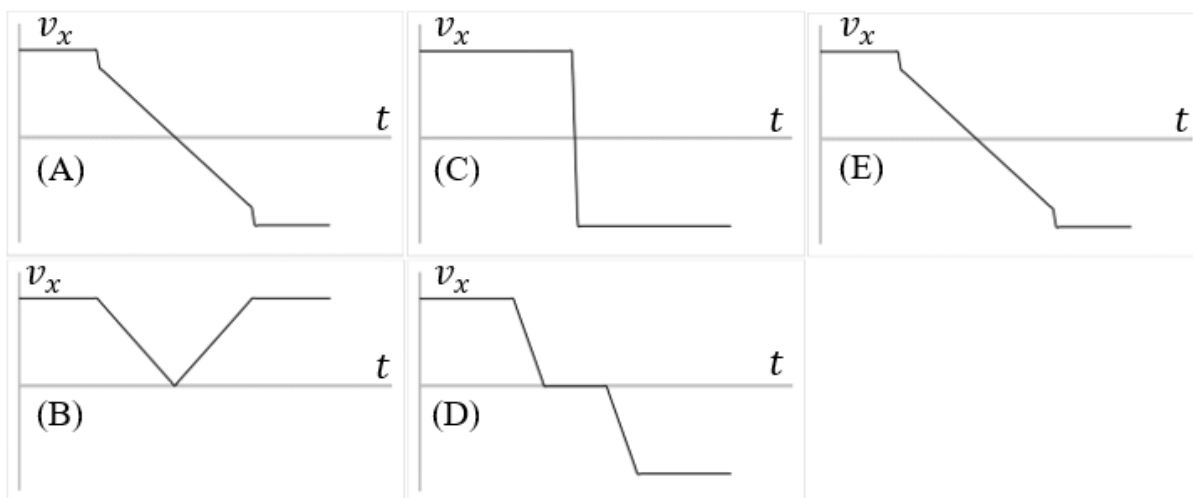
לכן, התשובה היא ב'

שאלה 5

בזמן $t = 0$ כדור נזרק במהירות התחלתית ימינה ונע על גבי המסלול שבתרשים. הניחו שהכדור נע על גבי המסלול בתנועה של גלגול ללא החלקה, כלומר הוא אינו מאבד אנרגיה בשל כוח החיכוך. בנוסף, הניחו שהכדור תמיד נשאר על המסילה. הכדור מתחיל בנקודה A, נע לנקודה B ולבסוף חוזר לנקודה A. ניתן להזניח את התנגדות האוויר.



איזה גרף מתאר נכון את המהירות האופקית v_x של הכדור כפונקציה של הזמן?



א. גרף A

ב. גרף B

ג. גרף C

ד. גרף D

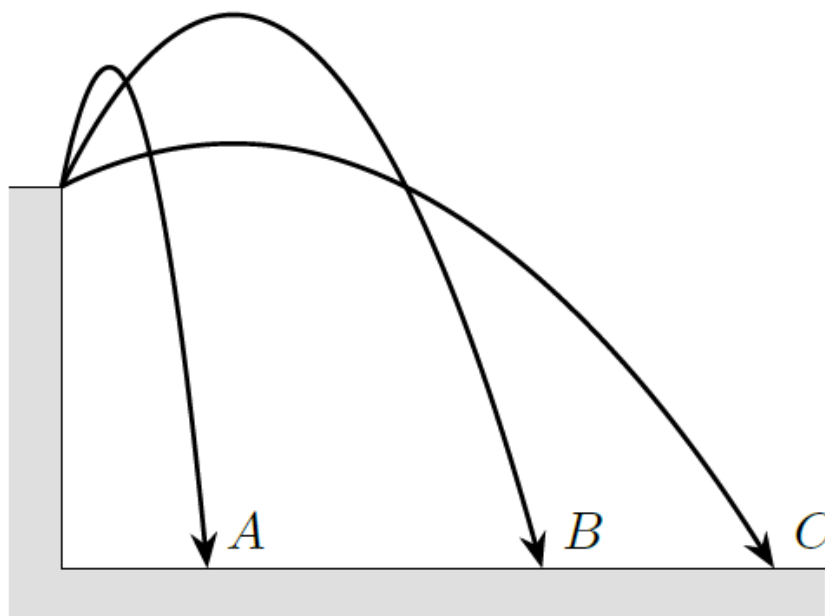
ה. גרף E

פתרון שאלה 5

המהירות האופקית היא בהתחלה קבועה. כאשר הכדור מגיע לתחילת המדרון, כיוון המהירות משתנה ולכן המהירות האופקית קטן באופן חד. כאשר הכדור עולה במעלה המדרון, המהירות האופקית קטנה באופן קבוע עד שיא הגובה שם היא מתאפסת. בירידה המגמות מתהפכות ולכן התשובה היא א' או ב'.

שאלה 6

שלושה גופים A, B ו-C נזרקים בו זמנית מצוק גבוה כמתואר בתרשים.



בהזנחת התנגדות האוויר, אלו מן ההיגדים הבאים לגבי הזמנים של שלושת הגופים מרגע זריקתם ועד פגיעתם בקרקע הוא הנכון ?

א. $t_A < t_B < t_C$

ב. $t_A < t_C < t_B$

ג. $t_C < t_B < t_A$

ד. $t_C < t_A < t_B$

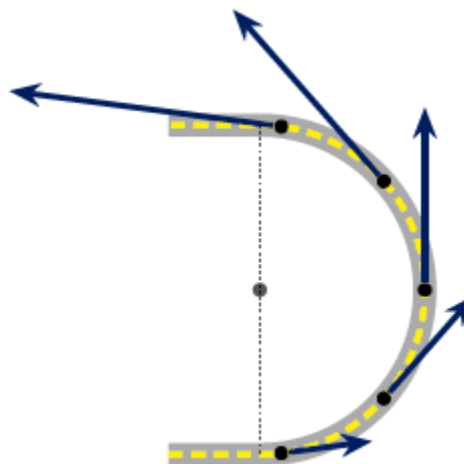
ה. לא ניתן לדעת, כי חסרים נתונים בשאלה.

פתרון שאלה 6

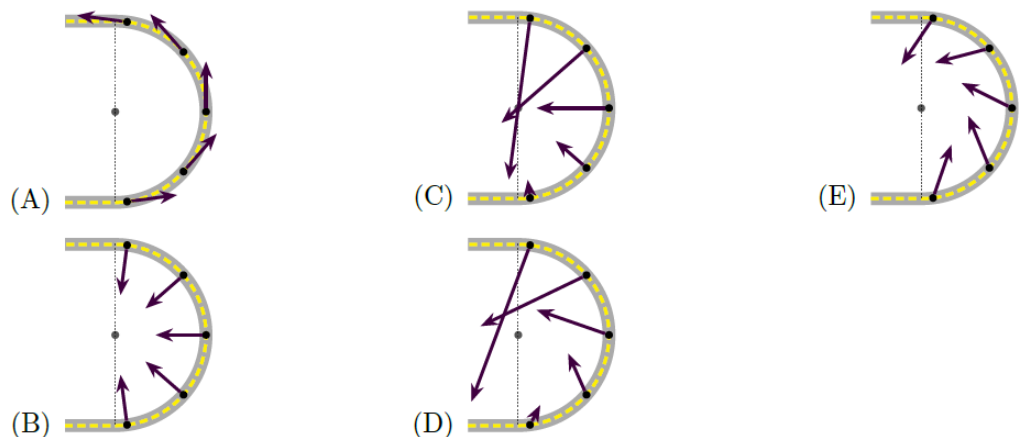
מכיוון שאין תלות בין התנועה בציר x שהיא במהירות קבועה לבין התנועה בציר y שהיא נפילה חופשית, זמן התנועה תלוי רק במהירות האנכית וככל שהיא גבוהה יותר הזמן גדול יותר. לגוף B המהירות האנכית הגבוהה ביותר משום ששיא הגובה שלו הוא הגדול ביותר ועל כן הזמן עד פגיעתו בקרקע יהיה הגדול ביותר. על פי אותם שיקולים לגוף C זמן התנועה יהיה הקצר ביותר. לכן, התשובה היא ד'.

שאלה 7

מכונית נוסעת על מסלול מרוצים שצורתו חצי מעגל. וקטורי המהירות של המכונית במספר נקודות לאורך המסלול מסומנים בתרשים למטה.



איזה מהתרשימים הבאים מתאר נכון את וקטור התאוצה של המכונית באותן הנקודות המופיעות בתרשים למעלה?



א. תרשים A

ב. תרשים B

ג. תרשים C

ד. תרשים D

ה. תרשים E

פתרון שאלה 7

מכיוון שמהירות המכונית גדלה, אז יש לה תאוצה משיקית ולא רדיאלית ולכן ניתן להוריד את תשובות B ו-C. מכיוון שהיא נעה בסיבוב אז יש גם רכיב של תאוצה רדיאלית $\frac{v^2}{r}$ ולכן ניתן לפסול את A. מהירות המכונית גדלה ולכן התאוצה הרדיאלית גם כן גדלה ולכן התשובה המתאימה היא D (סעיף ד').

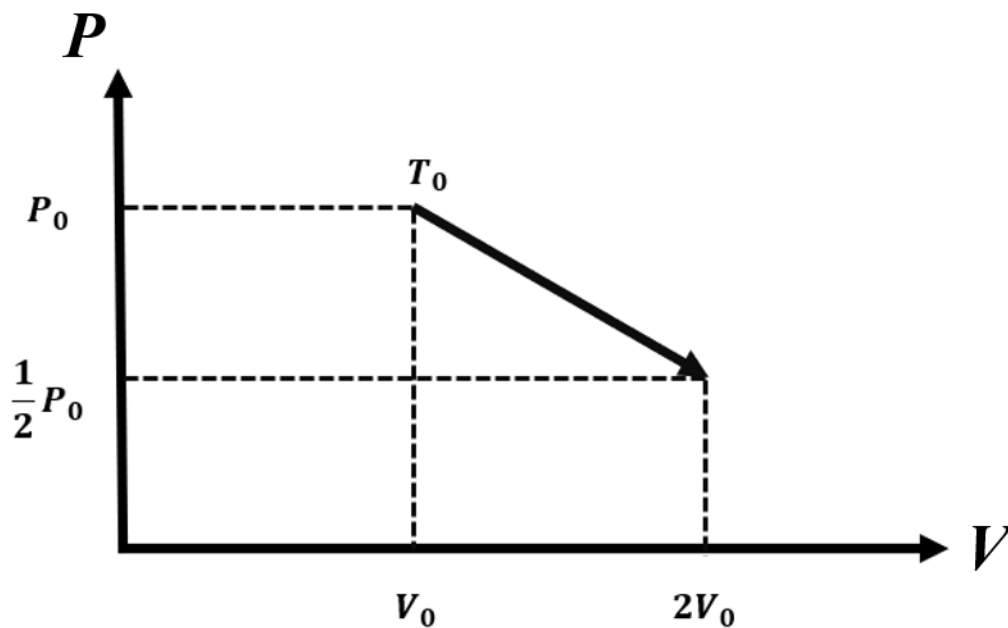
שאלה 8

אנו יודעים שלחץ (P), נפח (V), וטמפרטורה (T) של גז מקיימים את המשוואה הבאה:

$$PV = cT$$

כאשר c הוא קבוע.

אנו מעוניינים להסתכל על תהליך של שינוי בלחץ ונפח שגורר (על פי המשוואה למעלה), שינוי בטמפרטורה. את ההתנהגות של התהליך ניתן לתאר בעזרת ישר לינארי בגרף של לחץ כתלות בנפח כפי שניתן לראות בתרשים הבא:



התהליך מתחיל כאשר הלחץ הוא P_0 , הנפח הוא V_0 , והטמפרטורה היא T_0 . בסיום התהליך הנפח הוא $2V_0$ והלחץ הוא $\frac{1}{2}P_0$. מהי הטמפרטורה המקסימלית אליה הגז מגיע במהלך התהליך?

א. $2T_0$

ב. $1.5T_0$

ג. $\frac{5}{4}T_0$

ד. $\frac{9}{8}T_0$

ה. T_0

פתרון שאלה 8

מתוך הגרף נוכל לרשום את משוואת הישר כ- $P = AV$ כאשר A הוא שיפוע הגרף ולכן

$$V = \frac{V_0 + 2V_0}{2} = \frac{3}{2}V_0$$

$$P = -\frac{P_0}{2V_0}V \quad \text{מתוך הקשר}$$

$$T = \frac{PV}{c} \quad \text{נקבל ולכן:}$$

$$P = \frac{P_0 + \frac{1}{2}P_0}{2} = \frac{3}{4}P_0$$

כלומר הגרף של T כפונקציה של V הוא גרף שך פרבולה הפוכה ונקודת המקסימום תתקבל

$$P = -\frac{P_0}{2V_0}V = \frac{cT}{V}$$

$$\rightarrow -\frac{P_0}{2V_0}V^2 = cT \quad \text{בדיוק באמצע ב-}$$

$$\rightarrow T = -\frac{P_0}{2V_0c}V = -\frac{A}{c}V^2$$

$$T_{\max} = \frac{PV}{c} = \frac{3}{2}V_0 \cdot \frac{3}{4}P_0 = \frac{9}{8} \frac{P_0V_0}{c}$$

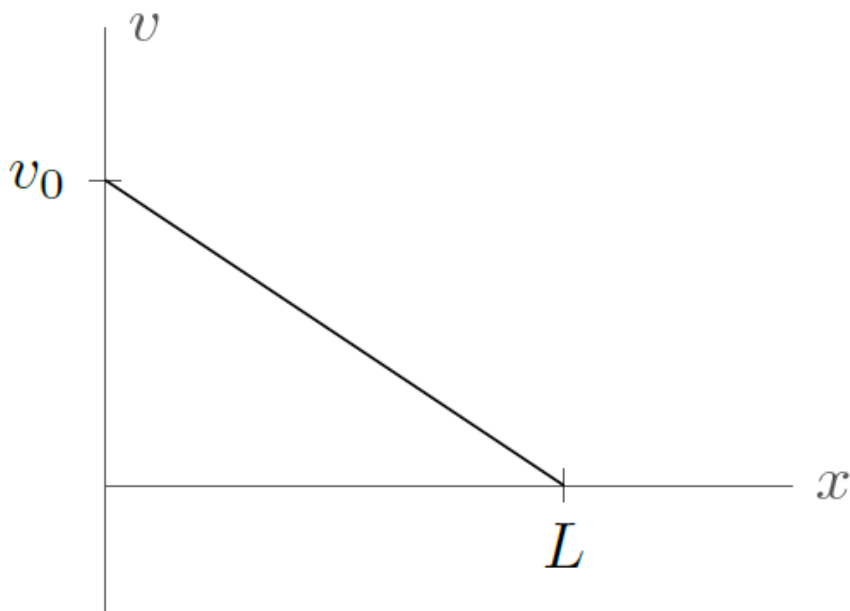
$$T_o = \frac{P_0V_0}{c} \quad \text{ולכן:}$$

$$\rightarrow T_{\max} = \frac{9}{8}T_o$$

ולכן, התשובה היא ד'.

שאלה 9

חלקיק מתחיל לנוע מ- $x = 0$ ונע לאורך ציר ה- x עם מהירות התחלתית v_0 ימינה לכיוון הנקודה $x = L$. לאורך תנועתו, המהירות כפונקציה של המקום מתוארת בתרשים למטה.



לפניך שלושה היגדים:

א. החלקיק מגיע לעצירה בנקודה $x = L$.

ב. תאוצת החלקיק קבועה.

ג. החלקיק יגיע לנקודה $x = L$ תוך זמן שנמצא בין $\frac{L}{v_0}$ ובין $\frac{3L}{v_0}$.

איזה מבין ההיגדים האלו הוא נכון?

א. רק היגד א.

ב. רק היגד ב.

ג. היגדים א ו-ב.

ד. היגדים א ו-ג.

ה. אף היגד לא נכון.

פתרון שאלה 9

היגד 1 נכון משום שאכן מהירות החלקיק מתאפסת ב- $x=L$, תאוצה החלקיק אינה קבועה משום שניתן לרשום:

$$v = -\frac{v_0}{L}x$$

$$\rightarrow \frac{dv}{dt} = -\frac{v_0}{L} \frac{dx}{dt} \rightarrow a = -\frac{v_0}{L}v \rightarrow a = \frac{v_0^2}{L^2}x = \left(\frac{v_0}{L}\right)^2 x$$

ולכן התאוצה אינה קבועה, והיא מקסימלית וחיובית בנקודה $x=L$. למעשה התנועה של החלקיק היא תנועה

הרמונית עם זמן מחזור $T = \frac{2\pi L}{v_0}$ ולכן ניתן לפסול גם את היגד 11. לכן, הפתרון הוא א'.

שאלה 10

האישה שבתמונה גוררת מזוודה שמשקלה W במהירות קבועה בנתב"ג. מקדם החיכוך הקינטי בין המזוודה לרצפה הוא μ . האישה מושכת את המזוודה בכוח קבוע.



עבור איזו זווית θ הכוח הדרוש כדי לגרור את המזוודה במהירות קבועה יהיה מינימלי?

א. $\cos \theta = \mu$

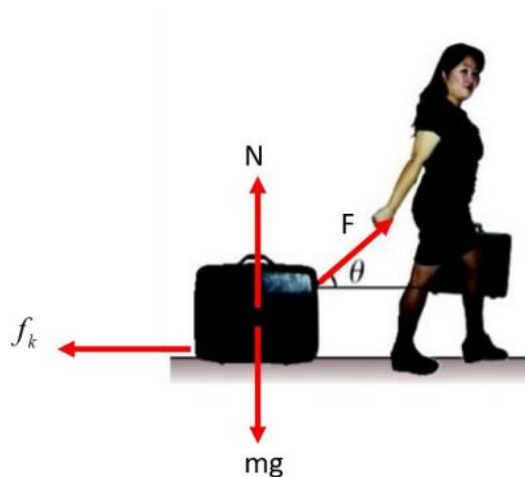
ב. $\cos \theta + \sin \theta = \mu$

ג. $\tan \theta = \mu$

$$\frac{1}{\tan \theta} = \mu \quad \text{ד.}$$

$$\tan^2 \theta = \mu \quad \text{ה.}$$

פתרון שאלה 10



$$P = AV$$

המשוואות המתאימות שמתארות מצב של שווי משקל בשני הצירים הן:

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F \cos \theta = \mu N$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N + F \sin \theta = mg$$

לאחר מעט אלגברה ניתן להגיע לביטוי של הכח כפונקציה של הזווית.

$$\frac{F \cos \theta}{\mu} + F \sin \theta = mg$$

$$\rightarrow F(\theta) = \frac{mg}{\frac{1}{\mu} \cos \theta + \sin \theta}$$

הכוח יהיה מינימלי כאשר המכנה יהיה מקסימלי ולכן יש לגזור ולהשוות לאפס.

$$\begin{aligned}\left(\frac{1}{\mu} \cos \theta + \sin \theta\right)' &= -\frac{1}{\mu} \sin \theta + \cos \theta \\ \rightarrow -\frac{1}{\mu} \sin \theta + \cos \theta &= 0 \\ \rightarrow \tan \theta &= \mu\end{aligned}$$

נותר רק להראות שזוהי אכן נקודת מקסימום של הביטוי שבמכנה למשל על ידי נגזרת שנייה.

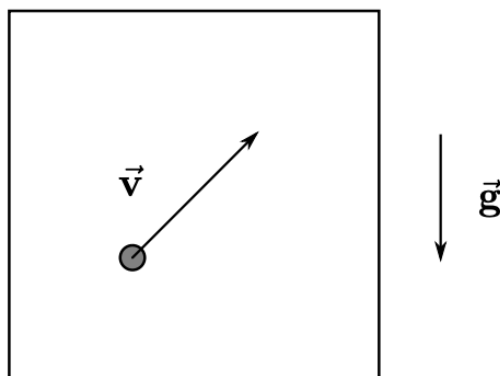
$$\begin{aligned}\left(-\frac{1}{\mu} \sin \theta + \cos \theta\right)' &= -\frac{1}{\mu} \cos \theta - \sin \theta = -\left(\frac{1}{\mu} \cos \theta + \sin \theta\right) = \\ -\frac{1}{\cos \theta} \left(\frac{1}{\mu} + \tan \theta\right) &\rightarrow \text{for } \mu = \tan \theta \\ \rightarrow -\frac{1}{\cos \theta} \left(\frac{1}{\mu} + \tan \theta\right) &= -\frac{1}{\cos \theta} \left(\frac{1}{\mu} + \mu\right) < 0\end{aligned}$$

עבור הזוויות הרלבנטיות בבעיה $0 \leq \theta < 90^\circ$ ולכן זוהי נקודת מקסימום.

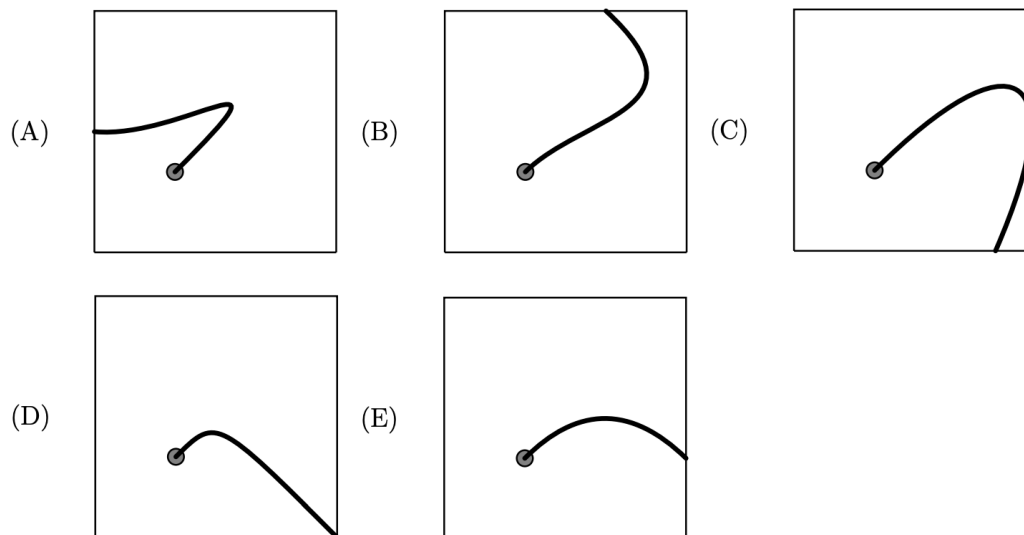
ולכן, התשובה היא ג'

שאלה 11

חלקיק נמצא בקופסה כאשר כח הכבידה הוא כלפי מטה. לחלקיק יש מהירות התחלתית כמתואר בתרשים ולקופסה יש תאוצה קבועה ימינה.



במערכת הייחוס של הקופסה, מי מבין המסלולים הבאים הוא מסלול אפשרי של החלקיק?



א. מסלול A

ב. מסלול B

ג. מסלול C

ד. מסלול D

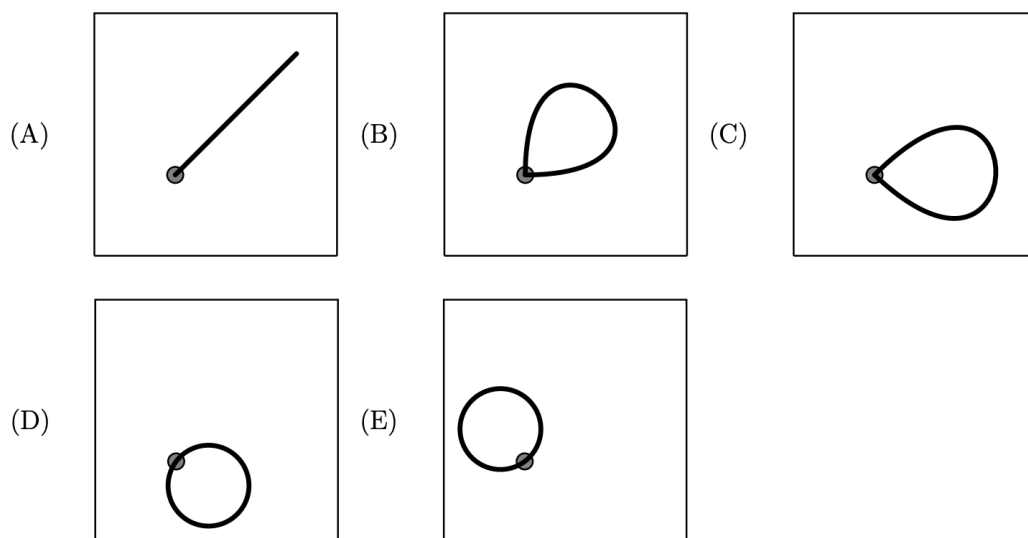
ה. מסלול E

פתרון שאלה 11

החלקיק נע בתאוצה קבועה שהיא השקול של שתי תאוצות, האחת שמאלה (לגבי החלקיק) והאחת למטה, לכן המסלול חייב להיות פרבולי, אבל לא סימטרי כמו באיור E שהוא נכון אם אין תאוצה אופקית. התשובה הנכונה היא מסלול C – סעיף ג'.

שאלה 12

בהמשך לשאלה הקודמת, אם בוחרים באופן נכון את התאוצה של הקופסא, החלקיק ינוע במסלול סגור כך שיחזור לנקודת המוצא שלו. במערכת הייחוס של הקופסא, מהו המסלול הנכון של החלקיק במקרה מיוחד זה?



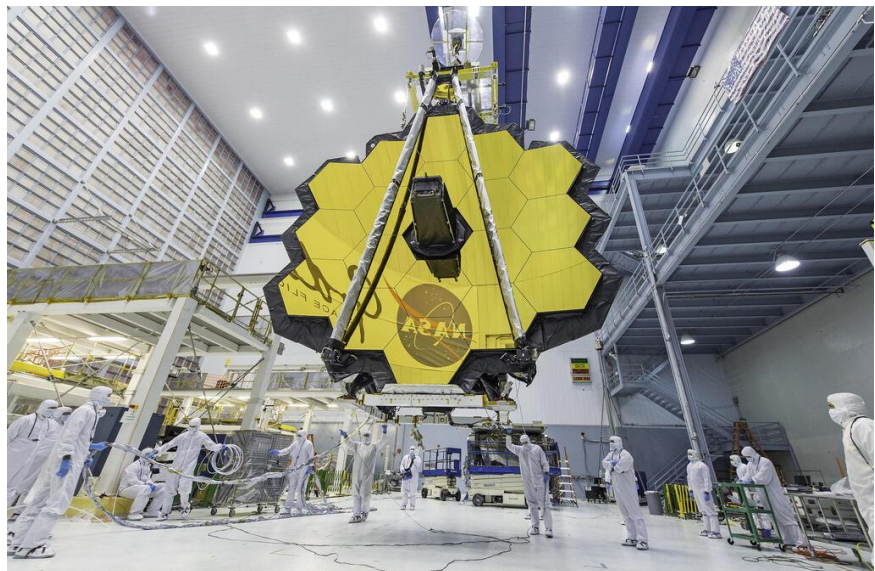
- א. מסלול A
- ב. מסלול B
- ג. מסלול C
- ד. מסלול D
- ה. מסלול E

פתרון שאלה 12

המסלול הסגור האפשרי הוא של פרבולה מנוונת לקו ישר, וזה יתרחש אם המהירות ההתחלתית של החלקי תהיה בכיוון התאוצה השקול של החלקיק. המסלול חייב להתחיל בכיוון המהירות ההתחלתית של החלקיק ולכן ניתן לפסול E, D, B. מסלול C לא אפשרי משום שהוא לא פרבולי. ולכן, התשובה היא א'.

שאלה 13

בתמונה למטה ניתן לראות את המראות של טלסקופ החלל ג'יימס ווב של נאס"א ששוגר ב-25 לדצמבר 2021. ג'יימס ווב הוא טלסקופ אופטי, המיועד לקלוט אור נראה, בעיקר בגווי האדום בעלי הגלים הארוכים, כמו גם קרינה תת-אדומה. את האור הוא יקלוט באמצעות מראה ענקית, בקוטר 6.5 מטר, כמעט פי שלושה מהמראה של טלסקופ "האבל". השילוב בין גודל המראה ותצפיות באורכי הגל האלה יאפשר לנו להתבונן באמצעות הטלסקופ הזה עמוק הרבה יותר לתוך היקום הקדום, בניסיון להבין איך נוצרו הגלקסיות הראשונות.



שטח המראה הוא 25 מ"ר והיא מצופה בשכבת זהב דקה שעובייה 100 ננומטר (ננומטר הוא מיליארדית המטר). הצפיפות של זהב היא 19.32 גרם לסמ"ק. מחיר הזהב הוא בערך 58,050 דולר לק"ג. כמה עלה הזהב הדרוש לציפוי המראה? בחרו את התשובה המתאימה ביותר.

א. 300 דולר.

ב. 3000 דולר.

ג. 30,000 דולר

ד. 300,000 דולר

ה. 3 מיליון דולר

פתרון שאלה 13

יש לחשב את נפח שכבת הזהב ולאחר מכן את מסתה ביחידות המתאימות.

$$m = V\rho = 25 \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 19320 = 0.0483 \text{ kg}$$

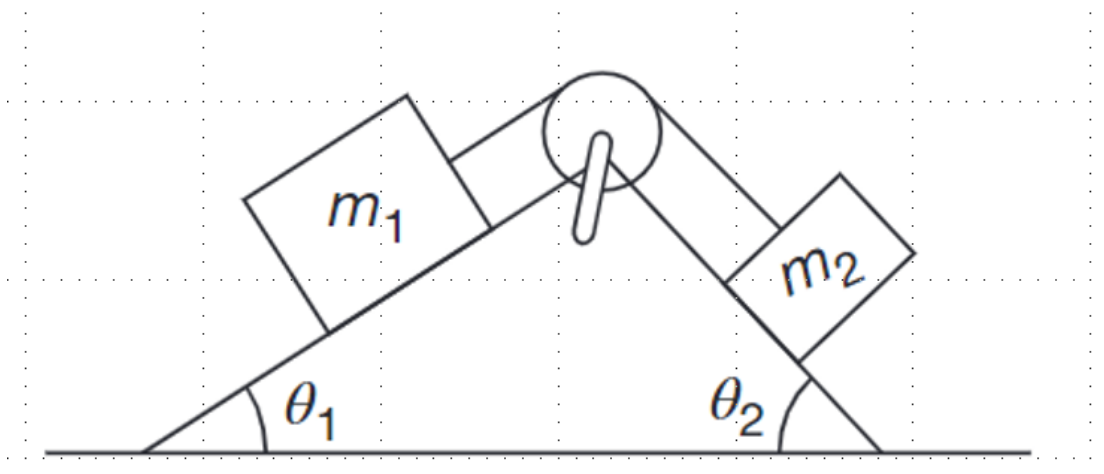
מחיר הזהב יהיה המסה כפול המחיר של קילוגרם זהב אחד:

$$0.0483 \cdot 58050 = 2083\$$$

ולכן, התשובה המתאימה ביותר היא ב'.

שאלה 14

שני גופים שמסותיהם m_1 ו- m_2 מונחים על שני צדדיו של טריז, מחוברים בחבל חסר מסה העובר דרך גלגלת חסרת חיכוך (ראו תרשים). מקדמי החיכוך הסטטיים בין הגופים למישורים המשופעים הם μ_{s1} ו- μ_{s2} בהתאמה. הזוויות θ_1 ו- θ_2 גדולות מהזוויות α_1 ו- α_2 שהן הזוויות שבהן הגופים m_1 ו- m_2 מתחילים להחליק על גבי המדרון עליו הם מונחים, לו לא היו מחוברים בחבל. מהו התנאי על $\frac{m_1}{m_2}$ לכך שגוף m_2 ימשוך את m_1 (על פי הפרמטרים $\alpha_1, \alpha_2, \theta_1, \theta_2$)?



$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\cos \alpha_2 \sin(\theta_1 - \alpha_1)}{\cos \alpha_1 \sin(\theta_2 - \alpha_2)} \quad \text{א.}$$

$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\cos \alpha_2 \sin(\theta_2 - \alpha_2)}{\cos \alpha_1 \sin(\theta_1 - \alpha_1)} \quad \text{ב.}$$

$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\cos \alpha_1 \sin(\theta_2 - \alpha_2)}{\cos \alpha_2 \sin(\theta_1 - \alpha_1)} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\sin \alpha_1 \sin(\theta_2 - \alpha_2)}{\tan \alpha_2 \sin(\theta_1 - \alpha_1)} \quad \text{ד.}$$

$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\sin \alpha_2 \sin(\theta_1 - \alpha_1)}{\sin \alpha_1 \sin(\theta_2 - \alpha_2)} \quad \text{ה.}$$

פתרון שאלה 14

Sol: Let α_1 and α_2 , respectively, be the angles at which the m_1 and m_2 begin to slide down their respective planes if not fettered by the string.

The force equations for the two masses, which would make them move down their respective planes, are

$$F_1 = m_1 g \sin \theta_1 - \mu_{s1} m_1 g \cos \theta_1 - T$$

and

$$F_2 = m_2 g \sin \theta_2 - \mu_{s2} m_2 g \cos \theta_2 - T$$

m_2 will pull m_1 if $F_2 > F_1$. Using $\mu_{s1} = \tan \alpha_1$ and $\mu_{s2} = \tan \alpha_2$

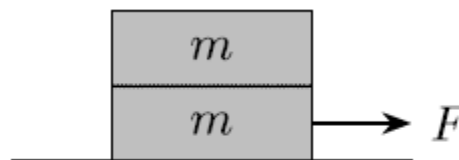
$$\frac{m_2}{\cos \alpha_2} (\sin \theta_2 \cos \alpha_2 - \sin \alpha_2 \cos \theta_2) > \frac{m_1}{\cos \alpha_1} (\sin \theta_1 \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1 \cos \theta_1)$$

$$\frac{m_2}{m_1} > \frac{\cos \alpha_2 \sin(\theta_1 - \alpha_1)}{\cos \alpha_1 \sin(\theta_2 - \alpha_2)}$$

ולכן התשובה היא א'.

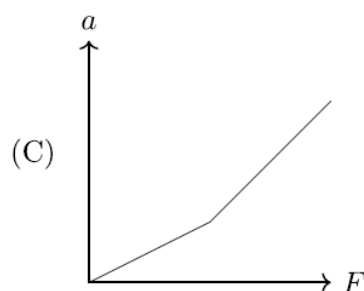
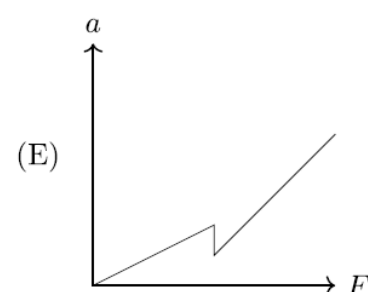
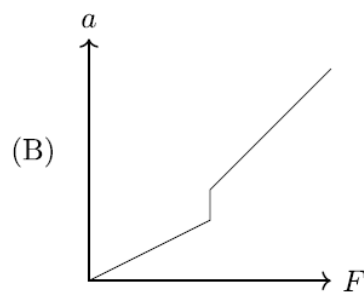
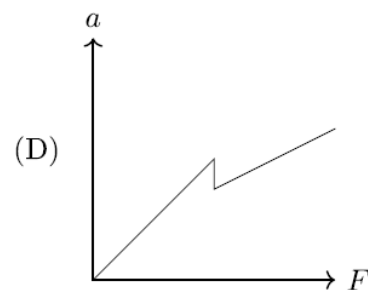
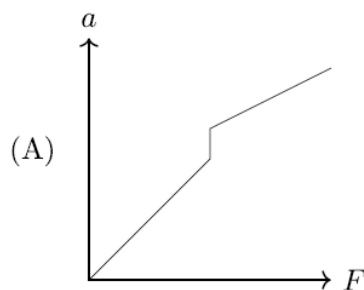
שאלה 15

שני גופים בעלי מסה m מונחים זה על גבי זה והגוף התחתון מונח על גבי משטח (ראו תרשים).



המשטח חסר חיכוך ומקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין הגופים הם μ_s ו- μ_k בהתאמה.

שימו לב, $\mu_k < \mu_s$. הגופים נמצאים במנוחה. כוח אופקי קבוע F מופעל על הגוף התחתון כמתואר בתרשים. איזה מבין הגרפים הבאים מתאר נכון את תאוצת הגוף התחתון כפונקציה של הכוח F ?



א. גרף A

ב. גרף B

ג. גרף C

ד. גרף D

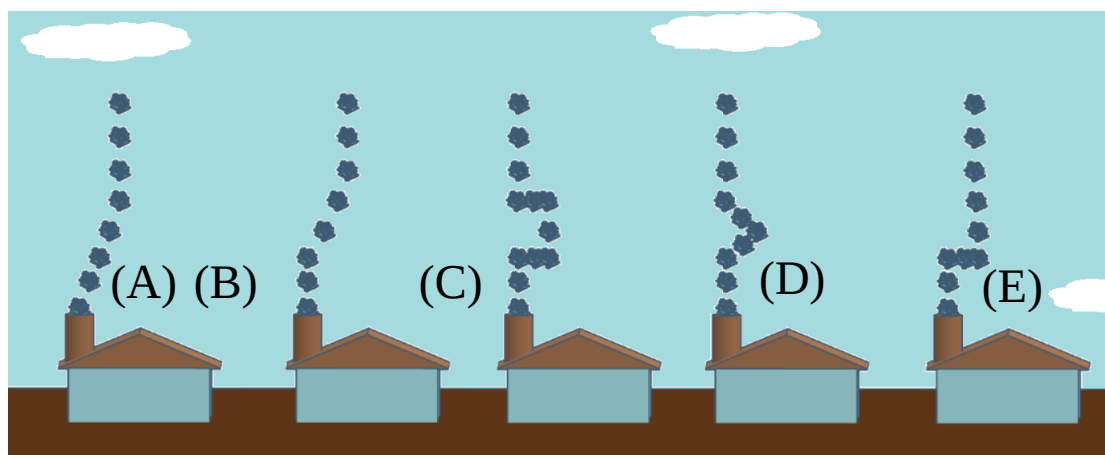
ה. גרף E

פתרון שאלה 15

עבור כוחות קטנים. שני הגופים נעים ביחד והתאוצה היא ליניארית. עבור ערך סף של כוח, הגוף העליון מתחיל להחליק ומכיוון ש- $\mu_k < \mu_s$ כוח החיכוך קטן בפתאומיות, ולכן התאוצה של הגוף התחתון גדלה. עבור כוח הגדל מערך זה, התאוצה היא שוב ליניארית, עם שיפוע גדל כי מכיוון שרק הגוף התחתון נע ולכן התשובה הנכונה היא גרף B (סעיף ב').

שאלה 16

עשן נפלט מארובה של בית באופן רציף. העשן מיתמר במהירות קבועה יחסית לאוויר. הניחו שבתחילה האוויר שקט ואין רוח, לאחר מכן באופן פתאומי, מתחילה לנשב רוח שכיוונה 'ימינה', ולאחר זמן מה הרוח פוסקת. מי מבין התרשימים הבאים מתאר נכון את הצורה של עמוד העשן המיתמר מהארובה?



א. תרשים A

ב. תרשים B

ג. תרשים C

ד. תרשים D

ה. תרשים E

פתרון שאלה 16

העשן שרק נפלט מהארובה ורק נחשף לרוח חייב לעלות אנכית למעלה, ולכן ניתן לפסול את תשובה A. לאחר מכן כיוון העשן יהיה בכיוון הוקטור השקול ולכן באלכסון ימינה לכן ניתן לפסול את תשובות C ו-E. תשובה D לא מתאימה משום שברגע שמשב הרוח נפסק העשן ימשיך לעלות אנכית מעלה ולא שמאלה כמו בתשובה D. לכן התשובה הנכונה היא תרשים B- סעיף ב'.

שאלה 17

רכבת מתחילה לנסוע מעיר א' ועוצרת בעיר ב'. המרחק בין שתי הערים הוא s . התאוצה המקסימלית של הרכבת היא a_1 והתאוצה המקסימלית שלה (בערך מוחלט) היא a_2 . מהו הזמן המינימלי שבו הרכבת יכולה לנוע מעיר א' לעיר ב'?

א. $2\sqrt{\frac{s}{a_1 + a_2}}$

ב. $2\sqrt{\frac{s}{\sqrt{a_1 a_2}}}$

ג. $\sqrt{\frac{2s(a_1 + a_2)}{a_1 a_2}}$

ד. $\sqrt{\frac{2sa_2}{a_1(a_1 + a_2)}}$

ה. $\sqrt{\frac{s\sqrt{a_1 a_2}}{(a_1 + a_2)^2}}$

פתרון שאלה 17

כדי להגיע מעיר לעיר בזמן המהיר ביותר, על הרכבת להאיץ במשך זמן t_1 ולהגיע למהירות מקסימלית v , ומיד לאחר מכן להאט במשך זמן t_2 ולהגיע לעיר השנייה במהירות אפס. לכן

$$v = a_1 t_1$$

$$v = a_2 t_2 \quad \text{נוכל לרשום:}$$

$$\rightarrow a_1 t_1 = a_2 t_2 = v$$

המהירות הממוצעת של הרכבת היא $v/2$ משום שבכל קטע היא נעה בתנועה שוות תאוצה, ובקטע הראשון היא מתחילה ממהירות אפס ומגיעה למהירות v ובקטע השני בדיוק להפך.

$$\text{לכן: } (t_1 + t_2) \frac{v}{2} = s$$

עתה נוכל למצוא ביטוי עבור t_1 :

$$\left(t_1 + \frac{a_1 t_1}{a_2} \right) \frac{v}{2} = s$$

$$\left(t_1 + \frac{a_1 t_1}{a_2} \right) \frac{a_1 t_1}{2} = s \rightarrow t_1^2 \left(1 + \frac{a_1}{a_2} \right) \frac{a_1}{2} = s$$

$$\rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2a_2 s}{a_1(a_1 + a_2)}}$$

$$t_2 = \frac{a_1 t_1}{a_2}$$

עתה נוכל לרשום ביטוי עבור הזמן הכולל:

$$t = t_1 + t_2 = t_1 \left(\frac{a_1 + a_2}{a_2} \right)$$

$$t = \sqrt{\frac{2a_2 s}{a_1(a_1 + a_2)}} \left(\frac{a_1 + a_2}{a_2} \right) = \sqrt{\frac{2s(a_1 + a_2)}{a_1 a_2}}$$

ניתן להסתכל גם על המקרה הגבולי כאשר הרכבת מאיצה כל הדרך עד לעיר השנייה

ומאיטה בתאוצה $a_2 \rightarrow \infty$ ולכן $t = \sqrt{\frac{2s}{a_1}}$ וגבול זה מתקבל רק עבור פיתרון ג.

שאלה 18

הקו המפריד בין יום ללילה על הירח נקרא terminator (ראו תמונה) ולאורכו ניתן להבחין טוב יותר במכתשים ובהרים שעל פני הירח.



מהי המהירות בה נע קו ה-terminator על פני קו המשווה של הירח? רדיוס הירח הוא $1.74 \cdot 10^6$ m.

- א. 0 מטר לשנייה
- ב. 4.5 מטר לשנייה
- ג. 83 מטר לשנייה
- ד. 465 מטר לשנייה
- ה. 2201 מטר לשנייה

פתרון שאלה 18

הירח מפנה אל כדור הארץ תמיד את אותו צד משום שהירח סובב סביב צירו בזמן השווה לזמן ההקפה שלו סביב כדור הארץ (חודש). המשמעות של כך, היא שה-terminator מבצע הקפה שלמה סביב הירח במשך חודש אחד (במשך חצי חודש הוא נע ממולד לירח מלא ולכן עובר חצי מהיקף הירח) ולכן מהירותו תהיה:

$$v = \frac{2\pi \cdot 1.74 \cdot 10^6}{28 \cdot 24 \cdot 3600} \approx 4.5 \text{ m/s}$$

לכן, התשובה היא ב.

שאלה 19

שתי מסות שוות שמסתן m מחוברות לגלגלת חסרת חיכוך על ידי מיתר אלסטי המתנהג כמו קפיץ אידיאלי שהקבוע שלו k ואורכו הרפוי הוא l . מהו האורך של המיתר כאשר המערכת בשווי משקל? התרשים אינו מתאר במדויק את מצב שווי המשקל.



א. $\frac{2mg}{k}$

ב. $l + \frac{mg}{k}$

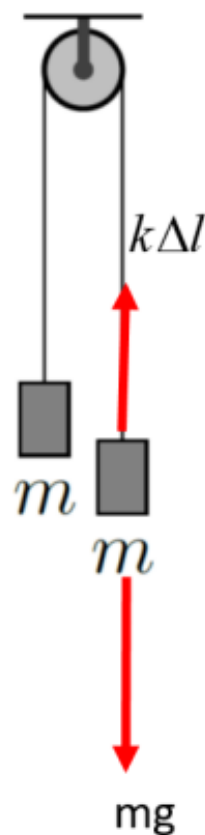
ג. $l + \frac{mg}{2k}$

ד. $l + \frac{2mg}{k}$

ה. $l + \frac{k}{mg}$

פתרון שאלה 19

נרשום את הכוחות על אחת המסות (התרשים זהה גם עבור המסה השנייה).



$$k\Delta l = mg \rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k}$$

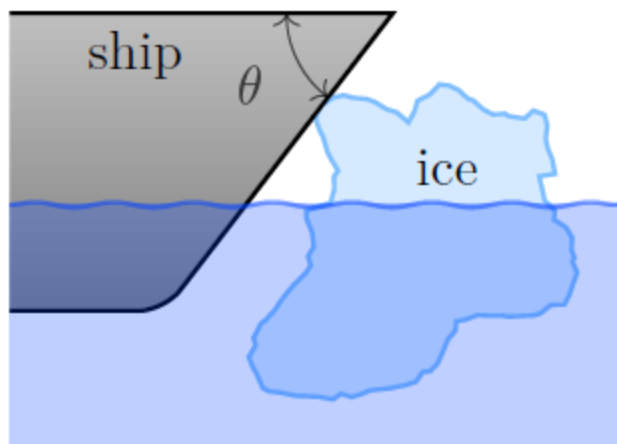
לכן:

$$\rightarrow l + \Delta l = l + \frac{mg}{k}$$

הניתוח הזה זהה גם עבור המסה השמאלית בתרשים.
לכן, התשובה היא ב'.

שאלה 20

ספינה "שוברת קרח" מתוכננת לשוט באזורים ימיים בהם יש קרחונים כמו באנטרקטיקה. הספינה מתוכננת כך, שכאשר היא נתקלת בקרחון היא דוחפת אותו כלפי תחתית הספינה. בהנחה שמקדם החיכוך הסטטי בין גוף הספינה לקרחון הוא μ , מהו התנאי לגבי הזווית θ (ראו תרשים) שעבורה שוברת הקרח תוכל אכן "לשבור את הקרח"?



שימו לב: $\cot \theta = \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$

א. $\cot \theta > \mu$

ב. $\cos \theta > \mu$

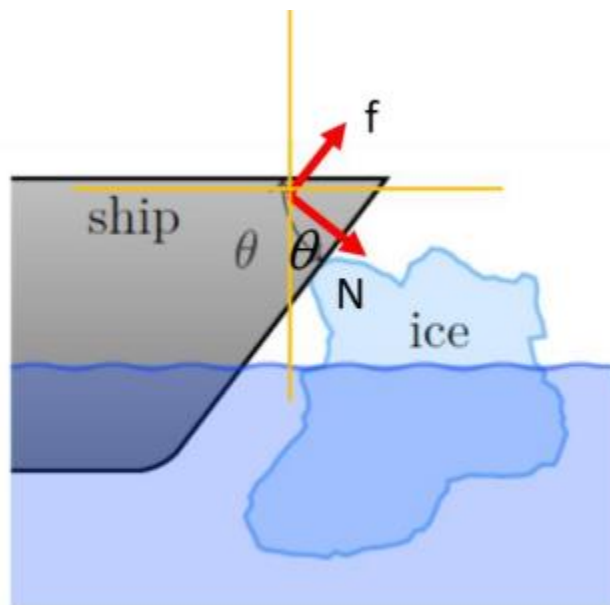
ג. $\cot \theta < \mu$

ד. $\cos \theta < \mu$

ה. התשובה תלויה בעקמומיות פני הקרחון.

פתרון שאלה 20

הספינה מפעילה על הקרחון כוח שניתן לפרק אותו לשני רכיבים, לכוח נורמלי ולכוח חיכוך סטטי (ראו תרשים).



נוכל לרשום שהכוח השקול בציר y הוא :

$$F_y = f \sin \theta - N \cos \theta$$

$$\rightarrow F_y \leq \mu N \sin \theta - N \cos \theta$$

$$N \cos \theta > \mu N \sin \theta \quad \text{ולכן } F_y > 0 \text{ כדי לדחוף את הקרח למטה נדרוש}$$

$$\rightarrow \cot \theta > \mu$$

לכן התשובה היא א'.