

מכניקה – בעיות ותרגילים לדוגמה

קינמטיקה

1. כדי לחקור את תנועתו של גוף הנע על קו ישר, רשם תלמיד א' את מקומו של הגוף במרווחי זמן של 0.02 שניות. הוא הגדיר את הרגע שבו נערכה המדידה הראשונה כ- $t=0$ (ברגע זה מהירות הגוף אינה בהכרח אפס) ואת ציר המקום - x - בכיוון תנועת הגוף, כך שראשיתו בנקודת הימצאו של הגוף ברגע $t=0$. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

0.16	0.14	0.12	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02	0	זמן - t (ש')
23.04	18.48	14.4	10.8	7.68	5.04	2.88	1.20	0	מקום - x (ס"מ)

- סרטט גרף המתאר את מקומו של הגוף כפונקציה של הזמן.
- קבע על-פי הגרף האם מהירות הגוף גדלה כפונקציה של הזמן, קטנה או אינה משתנה. נמק.
- תלמיד ב' העריך את מהירות הגוף ברגע $t=0.02s$ כך:

$$v_{0.02} \approx \bar{v}_{0.02 \rightarrow 0.04} = \frac{x_{0.04} - x_{0.02}}{0.04 - 0.02} = \frac{0.0288m - 0.012m}{0.02s} = 0.84m/s$$

- האם זו הדרך המדויקת ביותר להעריך את מהירות הגוף ברגע $0.02s$? אם כן - הסבר מדוע. אם לא - חשב את המהירות בדרך אחרת, והסבר מדוע היא מדויקת מזו של תלמיד ב'.
- הכן טבלה שבה שתי עמודות: עמודה עבור הזמן $t(s)$ ועמודה עבור גודל המהירות. רשום בטבלה את המהירות שחישבת עבור $t = 0.02s$. חשב את גודלי מהירות הגוף ביחידה m/s ברגעים: $t = 0.06s$, $t = 0.10s$, $t = 0.14s$ ורשום את תוצאות החישובים במקומות המתאימים בטבלה שהכנת.
- סרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן.
- האם תאוצת הגוף קבועה? אם לא - הסבר מדוע. אם כן - חשב את גודלה.

2. כדור נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית של $30m/s$. רגע זריקת הכדור מוגדר כ- $t=0s$.
- ציר y מוגדר כך שכיוונו החיובי כלפי מעלה וראשיתו בנקודה שממנה נזרק הכדור. עבור מרווח הזמן מרגע $t=0s$ עד לרגע שהכדור חוזר לנקודה שממנה הוא נזרק, סרטט גרפים המתארים:
 - את מקום הכדור כפונקציה של הזמן.
 - את מהירות הכדור כפונקציה של הזמן.
 - את תאוצת הכדור כפונקציה של הזמן.

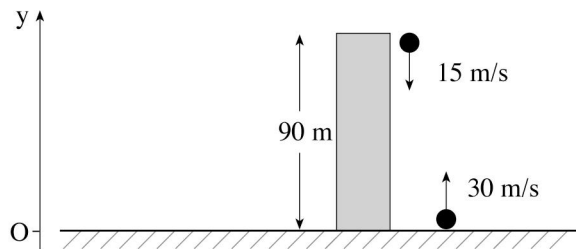
ב. ציר y מוגדר כך שכיוונו החיובי כלפי מטה וראשיתו בנקודה שממנה הכדור נזרק. סרטט גרף של מהירות הכדור כפונקציה של הזמן, ביחס לציר y , מרגע $t=0$ s עד לרגע שהכדור חוזר לנקודה שממנה הוא נזרק.

ג. מסוק עולה במהירות קבועה של 10 m/s . ציר אנכי y צמוד למסוק.

(1) כעבור כמה זמן מרגע הזריקה מתאפסת מהירות הכדור ביחס לציר y ?

(2) זמן עליית הכדור ביחס לציר y שהוגדר לעיל, שווה לזמן ירידתו. האם זמן עליית הכדור ביחס לציר y שווה לזמן ירידתו? נמק את תשובתך.

3. כדור א' נזרק כלפי מעלה מרגלי בניין שגובהו 90 m , במהירות שגודלה 30 m/s , ובו-זמנית נזרק כדור ב' מגובה גג הבניין כלפי מטה במהירות שגודלה 15 m/s , כמתואר בתרשים.



א. (1) כמה זמן לאחר זריקתם נפגשו הכדורים?

(2) באיזה גובה נפגשו הכדורים?

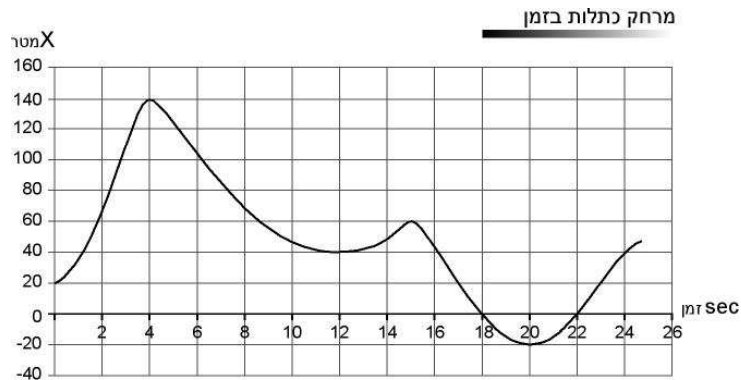
(3) מה כיוון תנועתו של כל כדור ברגע פגישתם? (הנח כי הכדורים אינם מתנגשים אלא חולפים זה ליד זה.)

ב. האם מהירותו של כדור ב' ביחס לכדור א' היא קבועה? אם כן - הסבר. אם לא - חשב את התאוצה של כדור ב' ביחס לכדור א'.

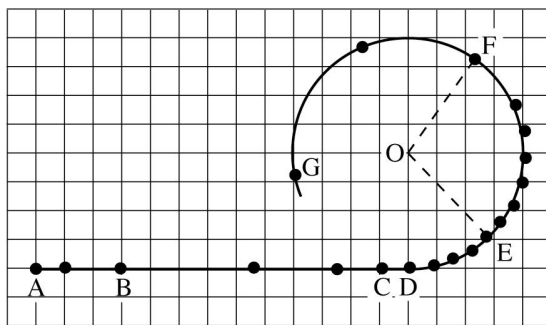
ג. סרטט גרף המתאר את המרחק בין שני הכדורים מרגע זריקתם עד לפגיעתו של אחד הכדורים בקרקע.

דינמיקה

4. הגרף מתאר את מהירותה של מכונית כפונקציה של הזמן. ברגע $t=0$ s המכונית מתחילה לנסוע ימינה, והיא נוסעת עד רגע $t=25$ s על כביש ישר.



- א. באיזה רגע או באלו רגעים תאוצת המכונית היא אפס?
 ב. באיזה רגע תאוצת המכונית היא מרבית?
 ג. האם המרחק שהמכונית עברה מרגע $t=0s$ עד רגע $t=4s$ קטן מהמרחק שהמכונית עברה מרגע $t=4s$ עד רגע $t=10s$, גדול ממנו או שווה לו? נמק.
 ד. האם במהלך תנועת המכונית מרגע $t=0s$ עד רגע $t=25s$, המכונית משנה את כיוון תנועתה (משנה את כיוון נסיעתה מימין לשמאל או להפך)? אם כן - ציין באיזה רגע או באלו רגעים המכונית משנה את כיוון תנועתה. אם לא - הסבר.
 ה. האם הכוח השקול הפועל על המכונית מרגע $t=0s$ עד רגע $t=2s$ קטן, קבוע או גדל כפונקציה של הזמן?
 ו. סרטט מלבן המייצג את המכונית במהלך נסיעתה, והוסף חצים המייצגים את כיוון המהירות, כיוון התאוצה וכיוון הכוח השקול הפועל על המכונית ברגע $t=16s$.
 ז. לאחר רגע $t=25s$, המכונית נסעה לאורך כביש מעוקל (לאו דווקא מעגלי), ומד-המהירות שלה (ספידומטר) הראה ערך קבוע. האם יש למכונית תאוצה בתנועתה לאורך הכביש המעוקל? נמק.



5. התרשים מתאר את מסלול תנועתו של גוף הנע מנקודה A עד נקודה G, וכן 'עקבות' של הגוף במרווחי זמן שווים. קטע המסלול ABCD הוא ישר, וקטע המסלול DEFG הוא קשת של מעגל שמרכזו O.
 א. העתק את התרשים למחברתך. בכל אחת

מהנקודות B, C, E ו-F סרטט את וקטורי המהירות, התאוצה והכוח השקול. התייחס לכיווני הווקטורים ולא לגדלים שלהם.

שים לב! אם לדעתך לא ניתן לקבוע במדויק את כיוונו של וקטור מסוים - סרטט את הווקטור בכיוון מקורב.

ב. (1) האם גודל המהירות בנקודה B שווה לגודל המהירות בנקודה C, גדול ממנו או שווה לו? נמק.

(2) האם גודל התאוצה בנקודה B שווה לגודל התאוצה בנקודה C, גדול ממנו או קטן ממנו? נמק.

6. גוף A, שמסתו $M=1.4\text{kg}$ מונח על שולחן אופקי. הגוף קשור בחבל הכרוך על גלגלת

למשקולת B שמסתה $m=0.6\text{kg}$. המערכת משוחררת ממנוחה כאשר גובה המשקולת B מעל

הרצפה הוא 0.54m (ראה תרשים). ניתן להזניח

את החיכוך בין החבל לבין הגלגלת.

הנח בכל שלבי השאלה שהמרחק בין הגוף A לבין

הגלגלת גדול מאוד, ושהגוף אינו פוגע בגלגלת.

א. בסעיף זה הנח כי מסת החבל וכן החיכוך בין הגוף A לבין השולחן ניתנים להזנחה.

(1) חשב כעבור כמה זמן מגיע הגוף B לרצפה.

(2) סרטט גרף של מהירות הגוף A כפונקציה של הזמן, מרגע השחרור שיוגדר כ- $t=0\text{s}$ עד

הרגע $t=2\text{s}$.

ב. בסעיף זה הנח כי מסת החבל ניתנת להזנחה, אולם יש חיכוך בין הגוף A לבין המשטח (למרות

זאת, המערכת יוצאת לתנועה ברגע $t=0\text{s}$). סרטט גרף מקורב של מהירות הגוף A כפונקציה

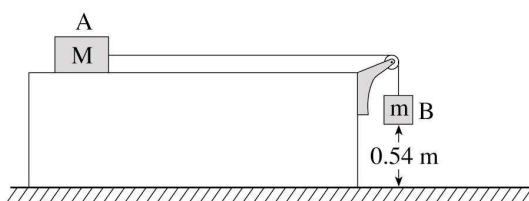
של הזמן, מרגע $t=0\text{s}$ עד הרגע שבו הגוף A נעצר (אינך נדרש לרשום ערכים מספריים על

הצירים). הסבר את שיקוליך.

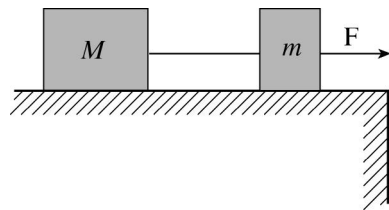
ג. בסעיף זה הנח כי החיכוך בין הגוף A לבין השולחן ניתן להזנחה, אולם מסת החבל אינה

ניתנת להזנחה. מהו סוג התנועה של הגוף A לפני שהגוף B מגיע לקרקע (שוות-מהירות, שוות-

תאוצה, בתאוצה הולכת וגדלה או בתאוצה הולכת וקטנה)? נמק.

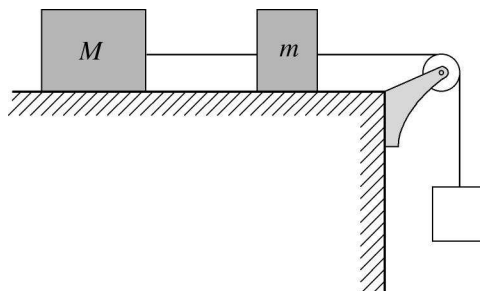


7. על משטח אופקי מונחים שני גופים שמסותיהם m ו- M , $M > m$. הגופים קשורים זה לזה בחוט שמסתו זניחה. על הגוף שמסתו m מפעילים כוח אופקי ימינה (ראה תרשים א'), והמערכת נעה בתאוצה.



תרשים א'

- בסעיפים ב' ו-ג' בלבד הנח שהחיכוך בין הגופים לבין המשטח ניתן להזנחה.
- קבע והסבר באופן איכותי (במילים) על מי משני הגופים פועל כוח שקול גדול יותר.
 - בטא באמצעות נתוני השאלה את תאוצת הגופים ואת מתיחות החוט המקשר ביניהם.
 - קושרים לגוף שמסתו m , באמצעות חוט שמסתו זניחה, גוף שמשקלו שווה לכוח F שבתרשים א'. התאוצה במצב זה (תרשים ב') שונה בגודלה מן התאוצה במצב הקודם (תרשים א'). האם גודל התאוצה במצב זה קטן מגודל התאוצה במצב הקודם או גדול ממנו? נמק.



תרשים ב'

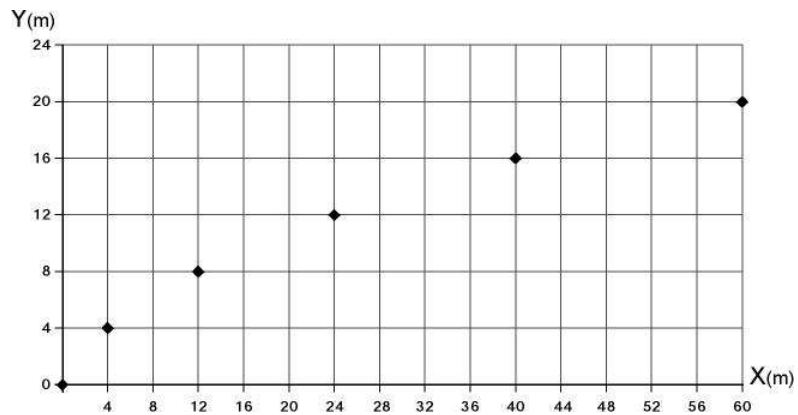
8. מכונית שמסתה 900kg גוררת קרוון שמסתו 750kg על כביש אופקי. מנוע המכונית מסובב את זוג הגלגלים הקדמיים של המכונית. הקרוון קשור למכונית באמצעות מוט גרירה. מסת המוט ניתנת להזנחה. המכונית עם הקרוון נעים תחילה במהירות קבועה. גודל כוח ההתנגדות שפועל על הקרוון נגד כיוון תנועתו הוא 2000N . גודל כוח ההתנגדות שפועל על המכונית נגד כיוון התנועה הוא 1700N .
- חשב את גודל הכוח הפועל על המכונית בכיוון תנועתה.
 - קבע את הגודל ואת הכיוון של הכוח שמוט הגרירה מפעיל על הקרוון.
- הנח שאותם כוחות התנגדות שהוזכרו קודם (1700N ו- 2000N) ממשיכים לפעול, ושגודלם אינו משתנה.

- ב. בשלב מסוים, המכונית עם הקרוון נעים בתאוצה שגודלה 2m/s^2 וכיוונה ככיוון תנועת המכונית.
 (1) חשב את גודל הכוח שהמוט מפעיל על הקרוון במצב זה, וקבע את כיוונו.
 (2) חשב את גודל הכוח הפועל על המכונית בכיוון תנועתה.
 ג. איזה גוף מפעיל על המכונית כוח בכיוון התנועה שלה?
 ד. האם ייתכן שהמתחיות במוט תהיה שווה לאפס? אם לא, הסבר מדוע. אם כן - מהי תאוצת המכונית במקרה זה?

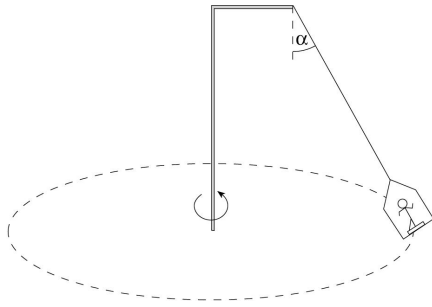
תנועה במישור

9. התרשים מתאר את עקבותיו של גוף שמסתו $m=0.1\text{kg}$ ברגעים $t=0\text{s}, 1\text{s}, 2\text{s}, 3\text{s}, 4\text{s}, 5\text{s}$. מישור התנועה של הגוף מתואר על-ידי ציר ה- x וציר ה- y .

גרף עקבות של תנועת הגוף בציר ה- x ובציר ה- y .



- א. הכן טבלה ורשום בה את שיעורי ה- x ושיעורי ה- y של הגוף ברגעים שבהם נרשמו העקבות.
 ב. מהו סוג התנועה בכיוון ציר ה- y ?
 ג. חשב את רכיבי מהירות הגוף בציר ה- x , ברגעים $t=0\text{s}, 1\text{s}, 2\text{s}, 3\text{s}, 4\text{s}, 5\text{s}$, והוסף את הערכים לטבלה.
 ד. (1) סרטט גרף של רכיב ה- x של המהירות כפונקציה של הזמן.
 (2) האם רכיב ה- x של התאוצה קבוע? נמק.
 ה. (1) מה רכיב המהירות בכיוון הציר x ברגע $t=0\text{s}$?
 (2) מה גודלו ומה כיוונו של הכוח שפעל על הגוף? נמק.
 (3) מהו מסלול התנועה של הגוף?



10. בתרשים שלפניך מתואר מתקן המורכב מעמוד אנכי,

שיוצאת ממנו זרוע אופקית. לקצה הזרוע קשור חבל שמסתו ניתנת להזנחה. לקצה החבל קשור כיסא שעליו מונחים מאזני קפיץ, ועל המאזניים עומד נער.

מסת הכיסא עם המאזניים והנער היא M .

המתקן מסתובב סביב ציר העמוד, כך שהכיסא (עם המאזניים והנער) נעים במסלול מעגלי אופקי במהירות

שגודלה קבוע, והחבל יוצר זווית α עם הכיוון האנכי (ראה תרשים).

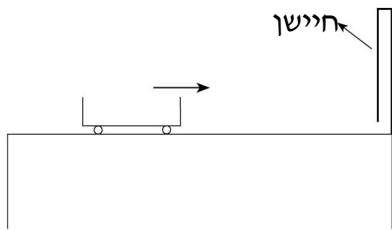
א. בטא באמצעות נתוני השאלה את המתיחות בחבל.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את גודל התאוצה של הכיסא.

ג. סרטט את הנער ואת הכוחות הפועלים עליו. ציין לגבי כל כוח מי מפעיל אותו.

ד. בטא באמצעות מסת הנער, m , את משקל הנער כפי שנמדד על-ידי המאזניים שעליהם הוא

ניצב.



תנע ואנרגיה

11. כדי לבחון את החוק הקובע כי "המתקף הכולל הפועל על

גוף שווה לשינוי בתנע של הגוף", ביצע תלמיד א' ניסוי. הוא

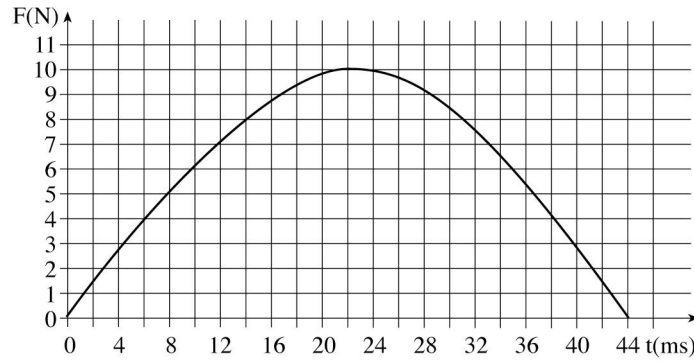
הדף קרונית שמסתה 0.46kg , וזו נעה על שולחן (ראה

תרשים א').

תרשים א' – מבנה מערכת הניסוי

הקרונית התנגשה בחיישן כוח שהיה מוצמד לקצה השולחן. לאחר ההתנגשות נעה הקרונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה לפני ההתנגשות. במהלך ההתנגשות של הקרונית בחיישן, מדד החיישן, במרווחי זמן קצרים, את הכוח שהקרונית הפעילה עליו. ערכי הכוח (בניוטון) כפונקציה של הזמן (באלפיות שנייה - ms) הוזנו למחשב, ובעזרת תוכנה מתאימה סורטט גרף המתאר את גודל הכוח כפונקציה של הזמן במהלך ההתנגשות (ראה תרשים ב').

גרף הכוח כתלות בזמן



תרשים ב'

זמן קצר לפני ההתנגשות מדד התלמיד ומצא שהקרונית עברה מרחק של 3.0cm במשך 0.090s, זמן קצר לאחר תום ההתנגשות, בעת תנועתה בכיוון המנוגד לכיוון התנועה לפני ההתנגשות, מצא התלמיד שהיא עברה מרחק של 3.0cm במשך 0.102s.
א. (1) מצא, על-סמך תרשים ב', את גודל המתקף שהחיישן הפעיל על הקרונית במהלך ההתנגשות.

(2) האם המתקף שהחיישן הפעיל על הקרונית הוא המתקף הכולל שפעל על הקרונית?

ב. תלמיד ב', חברו של תלמיד א', חישב את השינוי בתנע של הקרונית:

$$v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.03\text{m}}{0.102\text{s}} \approx 0.294\text{m/s} : \text{מהירות הקרונית לאחר ההתנגשות}$$

$$p_2 = mv_2 = 0.46\text{kg} \cdot 0.294\text{m/s} = 0.135\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} : \text{התנע לאחר ההתנגשות}$$

$$v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.03\text{m}}{0.09\text{s}} \approx 0.333\text{m/s} : \text{מהירות הקרונית לפני ההתנגשות}$$

$$p_2 = mv_2 = 0.46\text{kg} \cdot 0.333\text{m/s} = 0.153\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} : \text{התנע לפני ההתנגשות}$$

$$\Delta p = p_2 - p_1 = 0.153\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0.135\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.018\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}} : \text{לכן השינוי בתנע הוא}$$

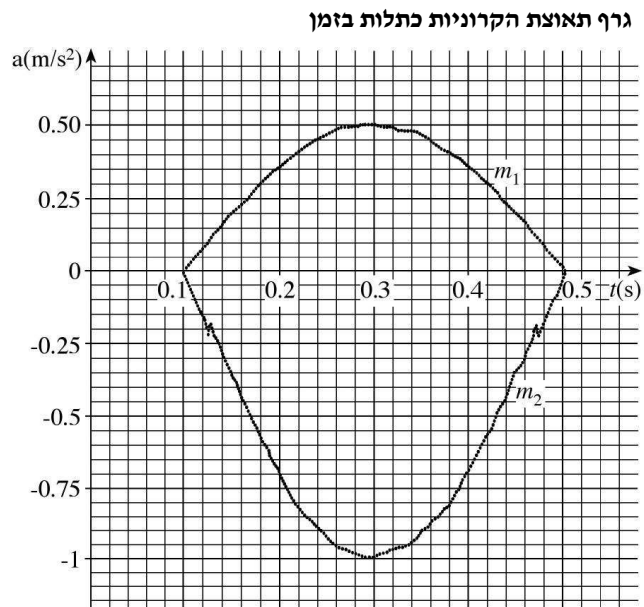
תוצאת החישוב של שינוי בתנע שנערכה על-ידי תלמיד ב' היא שגויה.

(1) מהי שגיאתו של תלמיד ב'?

(2) בלי להסתמך על תרשים ב', חשב את השינוי בתנע של הקרונית בעקבות ההתנגשות.

- ג. בשאלה נתון כי לפני ההתנגשות, הקרונית עברה מרחק של 3.0cm במשך 0.09s. תאר שיטה ניסויית למדידת משך הזמן שבו קרונית שנעה על שולחן עוברת מרחק נתון.
- ד. ציין שני גורמים אפשריים לאי-דיוק בערכים שהתקבלו בניסוי זה (המתקף הכולל והשינוי בתנע של הקרונית).
- ה. האם בפרק הזמן המתואר בתרשים ב' התאפסה מהירות הקרונית? הסבר.
- ו. האם החוק "המתקף הכולל הפועל על גוף שווה לשינוי בתנע של הגוף" היה מתקיים גם אילו חיישן הכוח היה מוצב על קרונית אחרת ולא צמוד לשולחן? הסבר.
- ז. לפני ההתנגשות, הקרונית עברה 3.0cm במשך 0.090s, ואילו אחר ההתנגשות היא עברה מרחק זה במשך 0.102s. מדוע משך הזמן אחרי ההתנגשות ארוך מזה שלפני ההתנגשות?

12. שתי קרוניות נעות על מסילה אופקית חלקה זו לקראת זו. מסת הקרונית האחת היא m_1 וזו של הקרונית האחרת היא m_2 ומתקיים: $m_1 = 2m_2$. במהלך ההתנגשות נמדדו תאוצות הקרוניות במרווחי זמן קצרים. בתרשים מתוארת תאוצתה של כל קרונית כפונקציה של הזמן.

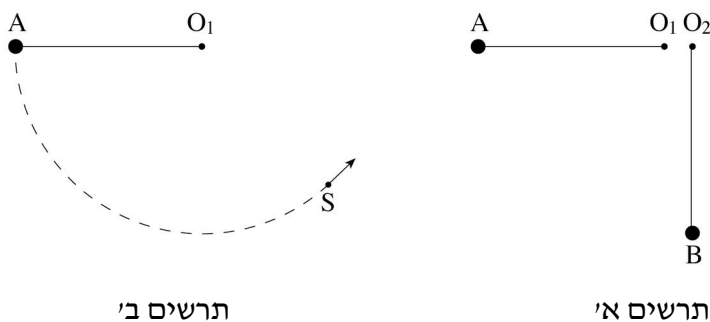


- א. הראה כי החוק השלישי של ניוטון מתקיים במהלך ההתנגשות.
- ב. הראה כי התנע הכולל של שתי הקרוניות נשמר במהלך ההתנגשות.

13. קרונית שמסתה $m=80\text{kg}$ נעה ימינה על מסילה אופקית חלקה במהירות $v_1=3\text{ m/s}$.

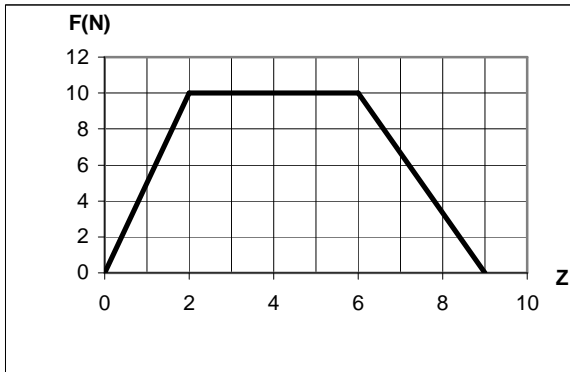
- מצא את מהירות הקרונית (גודל וכיוון) לאחר שאדם שמסתו $M=60\text{kg}$, שרץ בכיוון הקרונית במהירות $v=8\text{m/s}$, משיג אותה, קופץ עליה ומתיישב בתוכה.
- מה תהיה התשובה לסעיף א', אם אותו אדם ירוץ לקראת הקרונית?
- אותה קרונית עוברת מתחת לזרם של גרעיני חיטה הנשפכים לתוכה במאונך מלמעלה מתוך משפך. האם מהירות הקרונית תקטן, לא תשתנה או תגדל עקב כך? האם הגובה שממנו נשפכים החיטים משפיע על מהירות הקרונית? הסבר.
- זרם החיטים מלמעלה פסק, והקרונית נעה כשהיא מלאה חיטה. לפתע נפער חור בקרקעיתה, והחיטה החלה להישפך מתוכה תוך כדי תנועתה. האם מהירות הקרונית תקטן, לא תשתנה או תגדל עקב כך? הסבר.

14. כדור A שמסתו $M_1=0.1\text{kg}$ מוחזק במנוחה בקצהו של חוט אופקי שאורכו $L=80\text{cm}$, הקשור לנקודה קבועה O_1 . כדור שני B, שמסתו $M_2=0.3\text{kg}$, תלוי במנוחה על חוט אנכי, בעל אותו אורך, הקשור לנקודה קבועה O_2 . משחררים את הכדור A ממנוחה, ותוך כדי תנועתו הוא מתנגש התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בכדור B (ראה תרשים א').



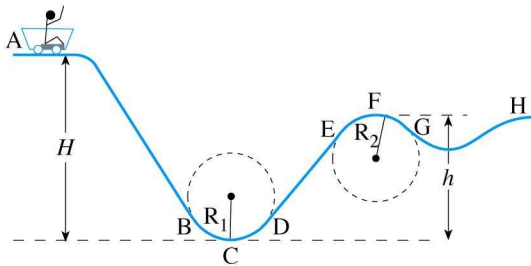
- הנח כי מסת החבלים זניחה וכי ברגע ההתנגשות, שני החבלים נמצאים במצב אנכי.
- מצא את מהירות (גודל וכיוון) הכדור A כהרף עין לפני ההתנגשות.
 - מצא את המתיחות בחוט הקשור לכדור A כהרף עין לפני ההתנגשות.
 - מצא את הזווית המרבית לאנך, שאליה יגיע החוט הקשור לכדור B לאחר ההתנגשות.

ד. מסירים את הכדור B ומשחררים שוב את הכדור A ממנוחה במצב אופקי. בהגיע הכדור לנקודה S, ניתק הכדור מהחוט (ראה תרשים ב'). האם הגובה המרבי שאליו יגיע הכדור לאחר הניתוק יהיה גדול, קטן או שווה לגובה שממנו שוחרר ממנוחה? נמק.



15. הגוף שלפניך מתאר את הכוח השקול הפועל על גוף שמסתו 2 ק"ג. הגוף היה במנוחה עד שהכוח החל לפעול.

- אם ציר Z מציין זמן t בשניות, חשב את מהירות הגוף כאשר: $t=2s, 6s, 9s$.
- אם ציר Z מציין מקום x במטר, חשב את מהירות הגוף כאשר: $x=2m, 6m, 9m$.
- הסבר מדוע ציר Z אינו יכול לציין את תאוצת הגוף.



16. בתרשים מתוארת "רכבת הרים" בלונה-פארק.

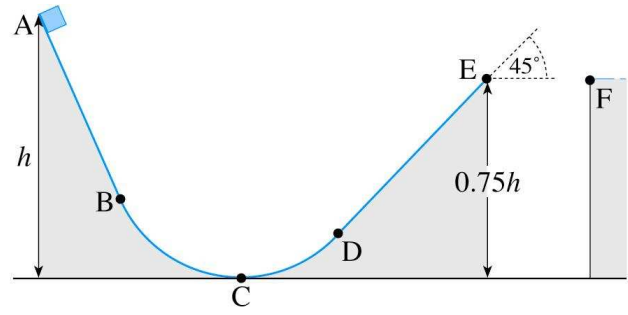
תלמיד נעמד בנקודה A, ליד הקרונית, ושחרר מידו אבן. האבן נפלה חופשית והגיעה לקרקע כעבור 3 שניות. לאחר מכן התלמיד נכנס לקרונית, הציב מאזניים על הכיסא והתיישב עליהם (כך שרגליו לא נגעו ברצפת הקרונית).

המאזניים הראו את משקלו mg.

- לאחר מכן התלמיד נוסע בקרונית מ-A במהירות התחלתית שווה לאפס. הקרונית נעה על פני המסילה ABCDEFGH, ללא חיכוך וללא מנוע. בנקודה C הראו המאזניים ערך השווה ל- $5mg$. כאשר התלמיד חלף בנקודה F, הוא שוב שחרר אבן (במהירות אפס ביחס לקרונית), וזו פגעה בקרקע 2.7 שניות לאחר שחרורה. הוריית המאזניים ב-F הייתה שווה לאפס.
- א. חשב את הגובה H של הנקודה A מעל הקרקע.

- ב. חשב את מהירות הקרונית בנקודה C.
- ג. קטע המסילה BCD הוא קשת של מעגל שרדיוסו R_1 . חשב את R_1 .
- ד. חשב את הגובה h של הנקודה F מעל הקרקע.
- ה. מה הייתה המהירות ההתחלתית (ביחס לקרקע) של האבן ששחררה מ-F? (ציין גודל וכיוון).
- ו. קטע המסילה EFG הוא קשת של מעגל שרדיוסו R_2 . חשב את R_2 .

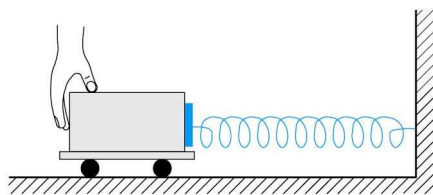
17. מסילה חסרת חיכוך נמצאת במישור אנכי. נתונים לגבי המסילה: הנקודה A נמצאת בגובה h מעל הנקודה C; קטע המסילה BCD הוא קשת מעגלית שרדיוסה $R=0.5h$; בקטע EF המסילה קטועה; הנקודות E ו-F נמצאות בגובה $0.75h$ מעל הנקודה C; קטע המסילה שמתחת לנקודה E הוא ישר, שיוצר זווית 45° עם הכיוון האופקי. מהנקודה A, משחררים ממצב מנוחה גוף שמסתו m .



בטא באמצעות נתוני השאלה (h ו- m) את תשובותיך לשאלות הבאות:

- א. חשב את הכוח שבו הגוף מעיק על המסילה בנקודה C.
- ב. חשב את תאוצת הגוף בקטע הישר של המסילה הנמצא לפני הנקודה E.
- ג. עד כמה ניתן להגדיל את המרחק בין E ל-F ועדיין הגוף יפגע בקטע המסילה שמימין ל-F?

18. קפיץ שקבוע הכוח שלו k , קשור בקצהו האחד לנקודה קבועה, ולקצהו השני קשורה לוחית שמסתה m . דוחפים את הלוחית כך שהקפיץ מתכווץ בשיעור A, מניחים לפניה קרונית



שמסתה m (ראה תרשים) ומשחררים את המערכת (ממנוחה). המשטח חסר חיכוך.

בטא את תשובותיך לשאלות הבאות באמצעות k , A ו- m .

- א. באיזו נקודה ניתקת הקרונית מן הלוחית?
- ב. כמה זמן לאחר השחרור מתרחש הניתוק?

- ג. כמה זמן לאחר הניתוק נעצרת הלוחית לראשונה?
 ד. באיזה מרחק מנקודת הניתוק נעצרת הלוחית לראשונה?
 ה. מהו המרחק בין הלוחית לבין הקרונית כאשר הלוחית נעצרת לראשונה לאחר שחרורה?

מודל הגז האידיאלי

19. בתוך מכל שנפחו 1m^3 כלוא גז בטמפרטורה 30°C ובלחץ 10^4N/m^2 . הנח כי הגז מתנהג כגז אידיאלי.
- א. ציין שלוש הנחות של המודל הקינטי של גז אידיאלי.
 ב. (1) הטמפרטורה היא מדד לגודל מיקרוסקופי מסוים. מהו גודל זה?
 (2) הסבר מדוע לא ניתן ליחס לריק (וואקום) טמפרטורה.
 ג. חשב את האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הגז שבמכל.
 ד. חשב את מספר מולקולות הגז שבמכל.
20. בתוך מכל שנפחו 0.75m^3 כלוא גז בטמפרטורה של 60°C ובלחץ 10^4N/m^2 . הנח כי הגז מתנהג כגז אידיאלי.
- א. מה מקור הלחץ שהגז מפעיל על דפנות המכל?
 ב. חשב את האנרגיה התרמית (האנרגיה הקינטית הכוללת) של מולקולות הגז שבמכל.
 ג. הגז שבמכל מורכב משני סוגי מולקולות: מסת כל מולקולה מהסוג הראשון הוא m_1 ומסת כל מולקולה מהסוג השני הוא m_2 , ומתקיים: $m_2 > m_1$.
 ד. האם מהירותה הממוצעת של מולקולה מהסוג הראשון גדולה מהמהירות הממוצעת של מולקולה מהסוג השני, קטנה ממנה או שווה לה? נמק.
21. מכל מבודד בצורת קובייה שאורך צלעה 30cm ממולא בגז אידיאלי חד-אטומי בטמפרטורה של 80°C ובלחץ 10^5N/m^2 .
- א. חשב כמה מולקולות גז יש במכל.
 ב. חשב את האנרגיה התרמית (האנרגיה הקינטית הכוללת) של מולקולות הגז שבמכל.
 ג. במכל יש גוף חימום המוסיף לגז כמות חום של 2000J . חשב את הטמפרטורה הסופית של הגז לאחר החימום.

ד. נתון מכל זה, אך סגור בקצהו העליון באמצעות בוכנה ניידת שעליה מופעל לחץ חיצוני של 10^5 N/m^2 . ברגע מסוים מפעילים את גוף החימום, שמוסיף לגז 2000 J . האם הטמפרטורה הסופית של הגז במכל זה תהיה שווה לזו של המכל הראשון, גדולה או קטנה ממנה? נמק.

22. גז ארגון, המתנהג כגז אידיאלי, כלוא בתיבה מתכתית בטמפרטורה של 27°C . שטח פאה

A הוא 50 cm^2 ושטח פאה B הוא 100 cm^2 . הגז מפעיל כוח של $5 \cdot 10^4 \text{ N}$ על הפאה B.

א. האם הכוח הפועל על הפאה A זהה לכוח הפועל על הפאה B, גדול או קטן ממנו? הסבר.

ב. חשב את הלחץ של הגז הכלוא בכלי.

ג. חשב את האנרגיה הקינטית הממוצעת של מולקולות הגז.

ד. מניחים את הכלי על משטח חימום המעלה את טמפרטורת הגז. האם חל שינוי בלחץ או בנפח של הגז? הסבר.

ה. כאשר טמפרטורת גז הארגון בכלי היא 57°C והלחץ $5.5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$, מעבירים את כל

הגז למכל חדש שנפחו גדול פי 2, המכיל גז ניאון באותה טמפרטורה, אך בלחץ קטן פי 2.

מצא את הלחץ הסופי של תערובת הגזים, בהנחה כי התערובת מתנהגת גם היא כגז אידיאלי.

23. בתוך מכל שצורתו קובייה שאורך צלעה ℓ נמצאות N מולקולות הנעות כולן באותה

מהירות v, וכולן נעות הלוך ושוב בין שתי דפנות מקבילות – דופן ימינית ודופן שמאלית.

המסה הכוללת של כל מולקולה היא m. המולקולות פוגעות בכל אחת משתי הדפנות בכיוון

מאונך לה. הנח כי המולקולות ממלאות את התנאים של גז אידיאלי. ציר המקום x מכוון

מהדופן הימינית לעבר הדופן השמאלית.

א. ציין עובדה ניסויית המעידה שהתנגשויות של מולקולות גז עם דופן מכל שבו הגז כלוא

הן אלסטיות.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את השינוי בתנע (ביחס לציר x שהוגדר לעיל) של מולקולה

יחידה כתוצאה מהתנגשות בדופן הימינית.

ג. התבסס על החוק השני של ניוטון בניסוח: "הכוח השקול החיצוני הפועל על גוף שווה

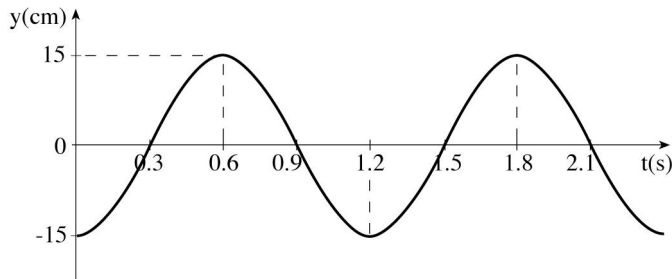
לקצב שינוי התנע של הגוף", ובטא באמצעות נתוני השאלה את הכוח הממוצע שמפעילה

- כל דופן על מולקולת גז יחידה במהלך מחזור אחד של תנועת המולקולה. (המחזור כולל את ההתנגשות ואת התנועה הלוך ושוב מדופן אל דופן.)
- ד. בטא באמצעות נתוני השאלה את הכוח הממוצע שמפעילה מולקולה יחידה על הדופן הימינית במהלך מחזור אחד של תנועת המולקולה.
- ה. הוכח כי הלחץ שמפעילות N מולקולות על הדופן הימינית של מכל שנפחו V, נתונה על-

$$p = \frac{Nmv^2}{V} \quad \text{ידי הקשר:}$$

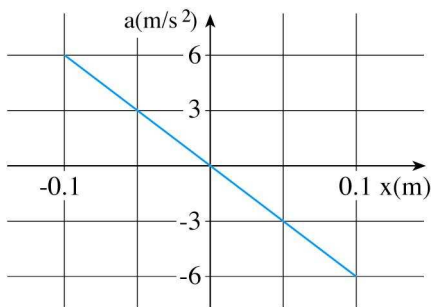
תנועה הרמונית פשוטה

24. משקולת, שמסתה $M=0.8\text{kg}$, תלויה על קפיץ אנכי שמסתו זניחה. תלמיד משך את המשקולת כלפי מטה מרחק A, ושחרר אותה (ממנוחה). חיישן המחובר למחשב מדד את מקום המשקולת בזמנים שונים, ועל צג המחשב התקבל הגרף המתואר בתרשים. מקום המשקולת, y, נמדד ביחס לציר אנכי שראשיתו בנקודת שיווי-המשקל, וכיוונו החיובי כלפי מעלה.



גרף ההעתק כתלות בזמן

- א. מצא את A.
- ב. מצא את זמן המחזור של התנודות ואת תדירותן.
- ג. חשב את קבוע הכוח של הקפיץ.
- ד. מתי בפרק הזמן $0.1\text{s} < t < 1.4\text{s}$ מתאפסת מהירות המשקולת? הסבר.
- ה. מתי בפרק הזמן $0.1\text{s} < t < 1.4\text{s}$ מתאפסת תאוצת המשקולת? הסבר.
- ו. מהו הכיוון (כלפי מעלה או כלפי מטה) של הכוח השקול הפועל על המשקולת ברגע $t=1\text{s}$? הסבר.

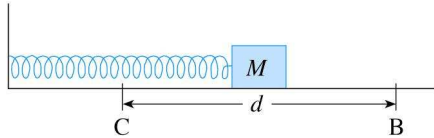


גרף התאוצה כתלות בהעתק

25. גוף שמסתו m היא 0.2 ק"ג מתנווד סביב נקודה ששעורה 0.0. הגוף מתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של שיעור הנקודה x שבה הגוף נמצא. ברגע $t=0\text{s}$, הגוף נמצא במנוחה בנקודה ששעורה 0.1 מטר.

- א. מדוע תנועת הגוף היא הרמונית פשוטה?
 ב. מהו הכוח השקול הפועל על הגוף בנקודה ששיעורה (-0.1) מטר?
 ג. כמה זמן חולף מתחילת התנועה עד שהגוף מגיע לראשונה לנקודה ששיעורה 0?
 ד. מהי מהירות הגוף בנקודה ששיעורה 0?

26. בול עץ שמסתו M קשור לקצה קפיץ אופקי בעל קבוע k ומתנווד בתנועה הרמונית, שמשרעתה $d/2$, על פני שולחן אופקי חלק בין הנקודות B ו-C. בטא את התשובות לשאלות



שלפניך באמצעות M, k ו- d .

א. כתוב ביטויים עבור:

(1) זמן מחזור התנועות.

(2) האנרגיה המכנית הכוללת האגורה במערכת המתנוודת.

ברגע שהבול עובר את נקודת שיווי המשקל נופל עליו מגובה קטן מאוד גוש פלסטלינה שמסתו m ונדבק לגוף המתנווד.

- ב. ענה על סעיף א', במצב בו הפגיעה מתרחשת כאשר הגוף המתנווד נמצא בנקודה C.
 ג. ענה על סעיף א', במצב בו הפגיעה מתרחשת כאשר הגוף המתנווד נמצא בדיוק באמצע הדרך בין B ל-C.

כבידה

27. א. בטבלה שלפניך רשומים נתונים על ארבעה ירחים של כוכב הלכת צדק. הנח שהירחים נעים במסלולים מעגליים.

ירח	מסה (10^{22} kg)	רדיוס מסלול ממוצע (10^3 km)	זמן מחזור (ימים)
איו (Io)	8.9	422	1.77
אירופה (Europa)	4.8	671	3.55
גנימד (Ganymede)	1.5	1070	7.16
קליסטו (Callisto)	1.1	1883	16.69

הראה כי ארבעה ירחים אלה מקיימים את החוק השלישי של קפלר. (שים לב: אין צורך לשנות יחידות).

ב. רוצים להכניס לוויין למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת צדק, ושרדיוס מסלולו יהיה 10^5 km . חשב מה יהיה זמן המחזור של תנועת לוויין זה.

ג. בטא את המסה M של כוכב הלכת צדק באמצעות זמן מחזור T ורדיוס מסלול r של אחד מירחיו. (אין צורך להציב מספרים).

ד. לוויין נע במסלול מעגלי שרדיוסו 10^5 km סביב כוכב לכת שונה מצדק. האם זמן המחזור שלו יהיה שווה לזמן המחזור שחישבת בסעיף ב? הסבר.

28. חללית מתקרבת לכוכב לכת שרדיוסו $R = 10^7 \text{ m}$. אסטרונוט הנמצא בתוך החללית מכניס

את החללית לתנועה מעגלית סביב הכוכב בגובה $H = 10^7 \text{ m}$ מעל פני הכוכב. לאחר מכן הוא מכבה את מנועי החללית ומוצא כי זמן מחזור-התנועה שלה סביב כוכב הלכת הוא 140 דקות. הנח כי צפיפות הכוכב אחידה.

א. חשב את מסת הכוכב.

ב. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הכוכב.

במהלך תנועת החללית במסלול המעגלי סביב הכוכב, האסטרונוט מחזיק בידו כדור, וברגע מסוים הוא מרפה ממנו.

ג. איזו מהאפשרויות הבאות מתארת את תנועת הכדור ביחס לחללית? נמק.

(1) הכדור ינוע כלפי דופן החללית הקרובה לכוכב.

(2) ירחף באוויר.

(3) ינוע כלפי דופן החללית הרחוקה מן הכוכב.

(4) יבצע תנועה אחרת.

ד. האסטרונוט נחת על כוכב הלכת וזרק כדור כלפי מעלה במהירות של 30 m/s . תוך כמה זמן הכדור ינחת לידו?

29. לוויין שמסתו 500 ק"ג מקיף את כדור הארץ במסלול מעגלי בגובה 25 ק"מ מעל הארץ.

האטמוספירה הדלילה מפעילה על הלוויין כוח חיכוך קבוע שגודלו 0.005 ניוטון. לאחר הקפה אחת, מצא:

א. מה השינוי שחל בגובהו של הלוויין מעל הארץ?

ב. מה השינוי שחל במהירותו?