

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור



תוכן העניינים

1	1. הקדמה מתמטית לקורס
7	2. מבוא
15	3. קינמטיקה - תנועה בקו ישר
35	4. וקטורים
49	5. נפילה חופשית וזריקה אנכית
57	6. דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)
90	7. עבודה ואנרגיה
107	8. תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל
114	9. תנועה הרמונית
128	10. גלים

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס

תוכן העניינים

1. 0. פונקציות טריגונומטריות.....1
2. 1. משוואת הקו הישר.....5
3. 2. הפרבולה.....6

פונקציות טריגונומטריות:

רקע

במשולש ישר זווית:

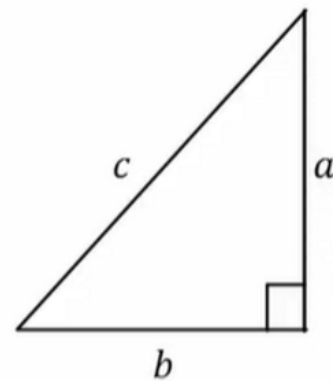
$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{ניצב שמול}}{\text{יתר}}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c} = \frac{\text{ניצב ליד}}{\text{יתר}}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{b} = \frac{\text{ניצב שמול}}{\text{ליד ניצב}}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\cot \alpha = \frac{b}{a} = \frac{\text{ניצב ליד}}{\text{ניצב שמול}} = \frac{1}{\tan \alpha}$$



משפט פיתגורס:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

זהויות:

$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(90^\circ - \alpha) = \sin \alpha$ $\tan(90^\circ - \alpha) = \cot \alpha$ $\cot(90^\circ - \alpha) = \tan \alpha$	$90^\circ - \alpha$
$\sin(90^\circ + \alpha) = \cos \alpha$ $\cos(90^\circ + \alpha) = -\sin \alpha$ $\tan(90^\circ + \alpha) = -\cot \alpha$ $\cot(90^\circ + \alpha) = -\tan \alpha$	$90^\circ + \alpha$
$\sin(180^\circ - \alpha) = \sin \alpha$ $\cos(180^\circ - \alpha) = -\cos \alpha$ $\tan(180^\circ - \alpha) = -\tan \alpha$ $\cot(180^\circ - \alpha) = -\cot \alpha$	$180^\circ - \alpha$
$\sin(-\alpha) = -\sin \alpha$ $\cos(-\alpha) = \cos \alpha$ $\tan(-\alpha) = -\tan \alpha$ $\cot(-\alpha) = -\cot \alpha$	$-\alpha$
$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha$ $\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 1 - 2 \sin^2 \alpha = 2 \cos^2 \alpha - 1$	2α
$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \sin \beta \cos \alpha$ $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$	$\alpha \pm \beta$

ערכים ששווה לזכור:

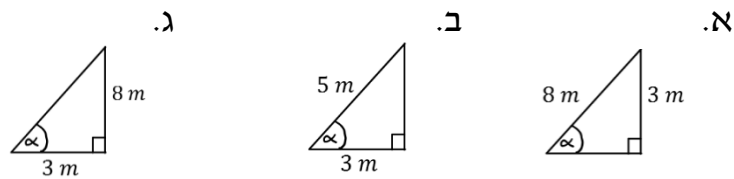
הזווית והפונקציה	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

$\tan \alpha$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	לא מוגדר
---------------	---	----------------------	---	------------	----------

שאלות:

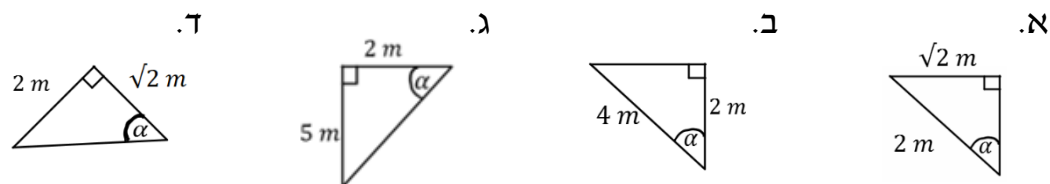
(1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:

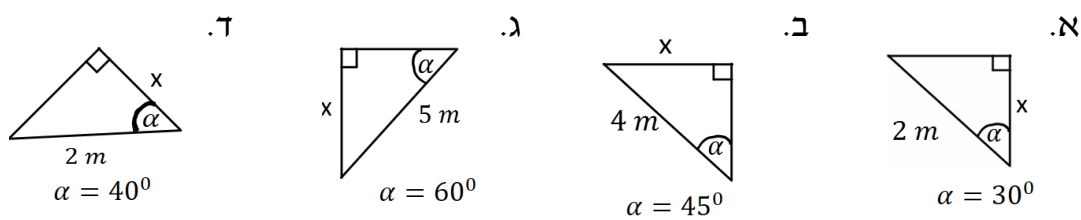


(2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



(3) מציאת ניצבים

חשב את x במקרים הבאים:

תשובות סופיות:

	ג. $\alpha = 69^\circ$	ב. $\alpha = 53^\circ$	(1) א. $\alpha = 22^\circ$
ד. $\alpha = 55^\circ$	ג. $\alpha = 68.2^\circ$	ב. $\alpha = 60^\circ$	(2) א. $\alpha = 45^\circ$
ד. $1.53m$	ג. $\frac{5\sqrt{3}m}{2}$	ב. $2\sqrt{2}m$	(3) א. $\sqrt{3}m$

משוואת הקו הישר:

רקע:

משוואת הקו הישר:

$$y = mx + n$$

m - שיפוע

n - נקודת חיתוך עם ציר ה- y .

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$$

כאשר α היא הזווית של הישר עם ציר ה- x .

מכפלת השיפועים של שני ישרים מאונכים היא -1.

מרחק בין שתי נקודות:

$$d^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

שאלות:

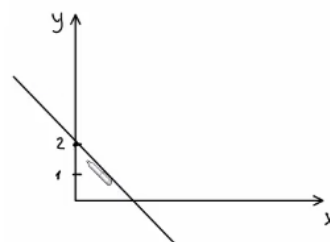
(1) משוואת הישר משתי נקודות

- א. מצא את משוואת הקו הישר העובר דרך שתי הנקודות: $(-1, 3)$, $(4, -2)$.
- ב. שרטט איור עבור הקו על גבי מערכת צירים.

תשובות סופיות:

(1) א. $y = -x + 2$

ב.



הפרבולה:

רקע:

משוואת הפרבולה:

$$y = ax^2 + bx + c$$

נוסחת השורשים:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

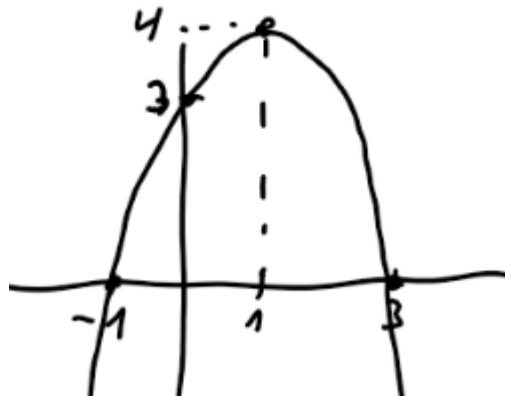
שאלות:

(1) נתונה הפרבולה הבאה: $y = -x^2 + 2x + 3$.

- א. מצאו את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.
- ב. קבעו האם הפרבולה מחייכת או עצובה, ושרטטו איור מקורב של הפרבולה לפי הנתונים שקיבלתם.

תשובות סופיות:

- (1) א. חיתוך עם הציר האנכי: $(0,3)$, נקודות חיתוך עם הציר האופקי: $(-1,0)$, $(3,0)$, נקודת הקודקוד: $(1,4)$.
- ב. עצובה.



01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 2 - מבוא

תוכן העניינים

1.	צורת כתיבה ורמת דיוק	 (ללא ספר)
2.	יחידות פיזיקאליות	 7
3.	מעברים בין יחידות	 8
4.	צפיפות	 10
5.	הערכת סדרי גודל	 12
6.	תרגילים	 13

יחידות פיזיקאליות:

רקע

חוקי חזקות:

$$(ab)^c = a^c b^c$$

$$a^b a^c = a^{b+c}$$

$$(a^b)^c = a^{bc}$$

$$\frac{1}{a^b} = a^{-b}$$

שאלות:

(1) תרגיל

נתון: $A = 2m \cdot \text{sec}$, $B = 3m^2$, $C = 1 \frac{\text{kg}}{\text{sec}}$, $D = 2 \frac{\text{kg}}{m}$

בדוק האם הפעולות הבאות חוקיות. במידה והן חוקיות, חשב את התוצאה שלהן:

א. $\frac{A}{B} + CA$

ב. $\frac{AC}{B} + D$

ג. $\frac{C}{D}A + B$

תשובות סופיות:

(1) א. פעולה לא חוקית. ב. $2.66 \frac{\text{kg}}{m}$. ג. $4m^2$

מעברים בין יחידות:

נוסחאות:

$$\text{קילו (k) זה } 1000 : 1km=1000m ; 1kg=1000gr$$

$$\text{מילי (m) זה } \frac{1}{1000} \text{ לדוגמה: } 1mm = \frac{1}{1000} m \text{ , ומיליגרם } 1mg = \frac{1}{1000} gr$$

$$\text{ליטר: } 1liter=1000cm^3$$

$$\text{קוב: } 1000m^3 = 1000liter = 1 \text{ קוב}$$

$$\text{שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה } 1lightyear = 9.4608 \cdot 10^{15} m$$

שאלות:

(1) דוגמה 1 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

$$\text{נתון: } A = 2km , B = 10gr$$

$$\text{מצא את } C = A \cdot B \text{ ביחידות של m.k.s.}$$

(2) דוגמה 2 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

$$\text{נתון: } A = 2m^2 , B = 3gr , C = 5cm \cdot s$$

$$\text{חשב את הגדלים הבאים ביחידות של m.k.s.}$$

$$\text{א. } D = 2 \cdot A$$

$$\text{ב. } E = \frac{5 \cdot B \cdot C}{A}$$

(3) מעבר יחידות בחזקות

$$\text{מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:}$$

$$\text{א. } A = 1m^2$$

$$\text{ב. } B = 1m^3$$

(4) סנטימטר בשלישית

$$\text{הבע את הערכים הנ"ל ביחידות של } c.m^3$$

א. $5 \cdot 2\text{m}^3$

ב. 320mm^3

ג. 0.0054km^3

(5) ליטר - דוגמה

הבע את הגדלים הבאים ב-liter.

א. 5m^3

ב. 5mm^3

תשובות סופיות:

(1) $20\text{m} \cdot \text{kg}$

(2) א. 4m^2 ב. $37.5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{sec} \cdot \text{kg}}{\text{m}}$

(3) א. 10^4cm^2 ב. 10^6cm^3

(4) א. $5.2 \cdot 10^6\text{cm}^3$ ב. 0.32cm^3 ג. $5.4 \cdot 10^{12}\text{cm}^3$

(5) א. $5 \cdot 10^3\text{liter}$ ב. $5 \cdot 10^{-6}\text{liter}$

צפיפות:

רקע

צפיפות נפחית : $\rho = \frac{M}{V}$

צפיפות משטחית : $\sigma = \frac{M}{S}$

צפיפות אורכית : $\lambda = \frac{M}{l}$

V, S, l הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

שאלות:

(1) דיסקה עם חור

א. מצא את הצפיפות של דיסקה בעלת רדיוס R ומסה M .

ב. בדיסקה קדחו חור ברדיוס r .

מצא את המסה שהוצאה מהדיסקה.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } \frac{M}{\pi R^2} \quad \text{ב. } M \left(\frac{r}{R} \right)^2$$

הערכת סדרי גודל:

שאלות:

(1) נשימות

הערך את מספר הנשימות של אדם בחייו.

תשובות סופיות:

(1) $N = 10^9$

תרגילים:

שאלות:

(1) מסע של האור

האור זז במהירות של $v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ כ-.

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

ב. כמה זמן ייקח לאור לעבור בין שתי גלקסיות שהמרחק ביניהם הוא: $2 \cdot 10^{19} \text{ m}$?

(2) צפיפות אטום המימן

חשב פי כמה גדולה צפיפות הפרוטון מצפיפות אטום המימן המורכב מפרוטון ואלקטרון בלבד. מסת הפרוטון: $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, מסת האלקטרון: $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, קוטר הפרוטון: $3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, קוטר אטום המימן: 10^{-10} m .

(3) שלג על הירח

הנח שעל הירח יורד שלג, השלג יורד בקצב שבו כל חצי שניה פוגע פתית שלג בפני הירח. הערך תוך כמה זמן יכוסה הירח כולו בשכבת שלג בגובה 2 מטר (הנח שהשלג לא נמס). רדיוס הירח: $1.74 \cdot 10^6 \text{ m}$, רדיוס פתית שלג הוא: 2 cm .

(4) אטומים בגרגיר חול

רדיוס אטום הוא בערך: 10^{-7} cm . רדיוסו של גרגיר חול הוא: 10^{-2} cm . הערך כמה אטומים יש בגרגיר חול.

הדרכה: השתמש בנוסחה של נפח כדור: $V = \frac{4\pi R^3}{3}$ עבור נפח האטום ועבור נפח הגרגיר. התעלם מ"רווחים" בין האטומים בתוך גרגיר החול.

(5) כדורי פינגפונג בחדר

הערך כמה כדורי פינגפונג ניתן לדחוס בחדר ממוצע

תשובות סופיות:

א. $2 \cdot 10^{16} \text{ m}$ (1) ב. $t = 2000$

(2) $3.71 \cdot 10^{13}$

(3) $t = 1.14 \cdot 10^{18} \text{ sec}$

(4) $N = 10^{15}$

(5) 750,000

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 3 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר

תוכן העניינים

15	1. העתק.....
17	2. תנועה במהירות קבועה.....
22	3. מהירות ממוצעת.....
24	4. תאוצה.....
29	5. תרגול.....

העתק:

רקע

תנועה בקו ישר - תנועה על ציר אחד.

כאשר מגדירים ציר, צריך:

1. לבחור מה יהיה הכיוון החיובי של הציר.
2. לבחור איפה תהיה הראשית

העתק - השינוי במיקום הגוף

סימון ההעתק הוא $\Delta x = x_2 - x_1$

העתק שלילי - תנועה בכיוון הפוך לכיוון החיובי של הציר

דרך - אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S

שאלות:

(1) כדור

חשב את ההעתק של כדור המתחיל תנועתו ב- $x = 2\text{m}$, ומסיים את תנועתו ב- $x = 1\text{m}$.
מהו כיוון תנועתו של הכדור?

(2) דני ודנה

הבתים של דני ודנה נמצאים ברחוב ישר. דני בחר את ראשית הצירים בסוף הרחוב, ואת הכיוון החיובי ימינה.
הבית של דני נמצא ב- $x = -50\text{m}$, והבית של דנה ב- $x = -20\text{m}$, ביחס לראשית.
מה ההעתק שביצע דני בהלוך ומה ההעתק שביצע בדרך חזרה?
מה כיוון ההעתק בכל אחד מהמקרים?

(3) העתק ודרך

מכונית נוסעת מת"א לחיפה, וחוזרת חזרה לת"א. המרחק בין הערים הוא 100 ק"מ.
מצא את ההעתק שביצעה המכונית ואת הדרך שעשתה.
(הנח שהכביש המחבר בין הערים ישר).

תשובות סופיות:

- (1) -3m
- (2) בדרך הלך: 30m , הכיוון חיובי; בדרך חזר: -30m , הכיוון שלילי.
- (3) העתק: $\Delta x = 0$, דרך: $s = 200$.

תנועה במהירות קבועה:

רקע

מהירות קבועה או ממוצעת:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

היחידות של המהירות הם יחידות של אורך חלקי זמן. ב m.k.s היחידות הן $\frac{m}{sec}$

המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה:

$$x(t) = x_0 + v(t - t_0)$$

גרפים:

גרף המיקום במקרה של תנועה במהירות קבועה יהיה קו ישר. שיפוע הגרף הוא המהירות.

גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.

השטח מתת לגרף המהירות הוא ההעתק, עובדה זו נכונה גם עבור מהירות לא קבועה.

השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

שאלות:

(1) יוסי מאחר לשיעור

יוסי מאחר לשיעור, ביתו נמצא בקו ישר ממול שער הכניסה לאוניברסיטה. המרחק בין ביתו לשער הוא 100 מטרים. מצא את מהירות ריצתו של יוסי, אם הוא הגיע תוך 20 שניות מביתו לשער האוניברסיטה.

(2) מיקומו של גוף

מיקומו של גוף ב- $t = 2sec$ הוא $x = 3m$. לאחר 4 שניות מיקומו הוא: $x = -2m$. מצא את מהירותו, אם ידוע שהיא קבועה.

(3) תנועה ביחס ל-A

גוף נע בקו ישר במהירות קבועה של: $v = 5 \frac{m}{sec}$. ברגע $t = 0$ הגוף חולף בנקודה A.

- א. מהו מיקומו של הגוף ברגעים: $t = 2\text{sec}$ ו- $t = 8\text{sec}$ ביחס לנקודה A?
 ב. כעבור כמה זמן חלף הגוף במרחק 200 מטר מהנקודה A?

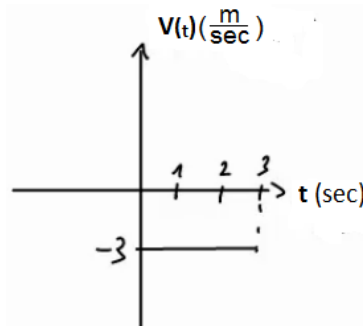
(4) גוף חולף דרך שתי נקודות

- גוף נע במהירות קבועה לאורך קו ישר, ברגע $t = 2\text{sec}$ מיקומו הוא $x = 2\text{m}$,
 וברגע $t = 6\text{sec}$ הוא חולף בנקודה ששעורה $x = 10\text{m}$.
 א. מהי מהירות הגוף?
 ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t = 0$?
 ג. מצא את הנוסחה עבור מיקום הגוף כפונקציה של הזמן.
 ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?
 ה. כמה העתק ביצע הגוף מהרגע שבו $t = 0$ עד לרגע שבו $t = 10\text{sec}$?

(5) גוף נע שמאלה

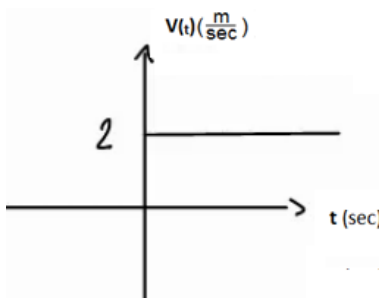
- גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה $6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע $t = 0$ מיקום הגוף הוא: $x = 50\text{m}$.
 בחר את כיוון ציר ה- x ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.
 א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?
 ב. היכן נמצא הגוף ב- $t = 2\text{sec}$ וב- $t = 3\text{sec}$?
 ג. מתי יהיה הגוף במרחק $x = 20\text{m}$ מהראשית ומתי יהיה במרחק של $x = -10\text{m}$?

(6) מהירות שלילית



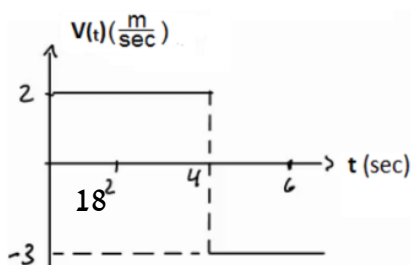
- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.
 א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t = 1\text{sec}$ ל- $t = 3\text{sec}$.
 ב. מצא נוסחה למיקום, כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t = 0$ מיקומו היה $x = 2\text{m}$.
 ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

(7) מיקום שלילי



- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.
 א. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t = 2\text{sec}$ מיקומו היה $x = -4\text{m}$.
 ב. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

(8) מהירות מתחלפת



- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.
 א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t = 1\text{sec}$ ל- $t = 6\text{sec}$.

- ב. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף
אם ידוע שב- $t = 0$ מיקומו היה $x = 2\text{ m}$.
ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

9) שתי מכוניות זו לקראת זו

שתי מכוניות נעות זו לקראת זו לאורך כביש דו נתיבי ישר.

- מכונית א' יוצאת מנקודה המרוחקת 140 מטר מימין לראשית, ונעה במהירות $8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$,
ומכונית ב' יוצאת מנקודה המרוחקת 40 מטר משמאל לראשית ונעה במהירות $10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
א. מתי חולפות המכוניות זו על יד זו? ומהן מיקומן ביחס לראשית ברגע זה?
ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

10) מכונית נוסעת מת"א לירושלים

- מכונית נוסעת מתל אביב לירושלים במהירות של 90 קמ"ש, חונה בירושלים
למשך שעה אחת, וחוזרת לתל אביב במהירות של 45 קמ"ש.
המרחק בין הערים תל אביב וירושלים הוא 45 ק"מ.
לשם הפשטות, נניח כי התנועה מתנהלת לאורך קו ישר.
א. שרטט גרף מקום-זמן של תנועת המכונית.
איזה גודל פיסיקלי מייצגים שיפועי הישרים?
ב. רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.
ג. שרטט גרף מהירות-זמן.

11) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

- אופנוע יוצא לדרכו מת"א לאילת במהירות קבועה שגודלה 80 ק"מ לשעה.
חצי שעה לאחר צאת האופנוע יוצאת מכונית מאילת לת"א במהירות קבועה
של 120 ק"מ לשעה.
המרחק בין שתי הערים הוא 340 ק"מ, ונניח שהכביש המחבר ביניהם הוא ישר.
א. הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.
ב. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.
ג. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.
ד. כמה זמן לאחר צאת האופנוע לדרכו הוא יחלוף על פני המכונית?
מה מיקומם של האופנוע והמכונית ברגע זה?

תשובות סופיות:

(1) $5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(2) $-\frac{5}{4} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

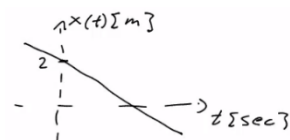
(3) א. $x(t=8)=40\text{m}$, ב. $x(t=2)=10\text{m}$, ג. $t=40\text{sec}$

(4) א. $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ב. $x_3 = -2\text{m}$, ג. $x(t) = 2 + 2(t-2)$, ד. $t = 1\text{sec}$, ה. $\Delta x = 20\text{m}$

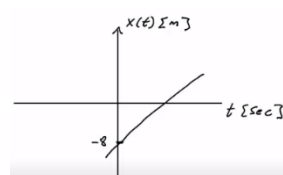
(5) א. $x(t) = 50 - 6t$, ב. $x(t=2) = 38\text{m}$, ג. $x(t=3) = 32\text{m}$

ג. $t(x=20) = 5\text{sec}$, ד. $t(x=-10) = 10\text{sec}$

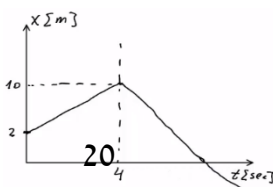
(6) א. $S = -6\text{m}$, ב. $x(t) = 2 - 3t$, ג.



(7) א. $x(t) = -8 + 2t$, ב.



(8) א. $\Delta x = 0$, ב. $x(t) = \begin{cases} 2+2t & 0 \leq t \leq 4 \\ 22-3t & t \geq 4 \end{cases}$, ג.

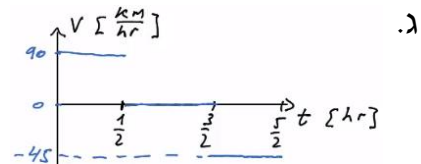
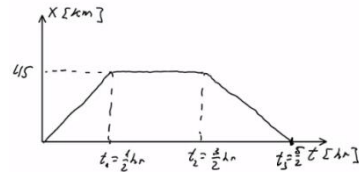


9) א. חולפות ב- $t = 10 \text{ sec}$, ומיקומן הוא $x_{a,b}(t = 10) = 60 \text{ m}$.

ב. $t_1 \approx 7.78 \text{ sec}$ או $t_2 \approx 12.22$.

$$x(t) = \begin{cases} 90t & 0 \leq t \leq \frac{1}{2} \\ 45 & \frac{1}{2} \leq t \leq \frac{3}{2} \\ 45 - 45\left(t - \frac{3}{2}\right) & \frac{3}{2} \leq t \leq \frac{5}{2} \end{cases} \text{ ב.}$$

10) א. השיפועים מייצגים מהירות.



11) א. נגדיר את ראשית הצירים בת"א $x = 0$, ואת הכיוון החיובי לאילת.

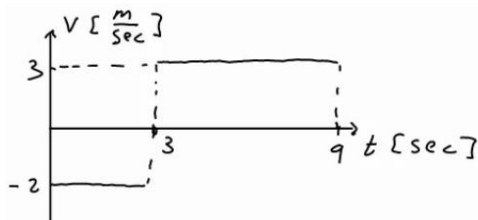
ב. $x(t) = 80t$ ג. $x(t) = 340 + (-120)\left(t - \frac{1}{2}\right)$ ד. $x = 160 \text{ km}$; $t = 2 \text{ hr}$

מהירות ממוצעת:

שאלות:

(1) דני נוסע מחיפה לטבריה

דני נסע ברכבו מחיפה לטבריה. הוא התחיל בנסיעה במהירות של 80 קמ"ש, נסע במשך חצי שעה, ואז עצר לאכול צוהריים למשך שעה. לאחר מכן, המשיך בנסיעה במהירות של 100 קמ"ש במשך שעה, עד אשר הגיע לטבריה. מהי מהירות הנסיעה הממוצעת של דני?



(2) מהירות ממוצעת מתוך גרף

מהירותו של גוף נתונה בגרף הבא. מהי המהירות הממוצעת בה נע הגוף?

(3) מת"א לב"ש דרך חיפה

אורי נסע מת"א לבאר שבע דרך חיפה. הנח שחיפה נמצאת 60 ק"מ צפונה מת"א ובאר שבע נמצאת 100 ק"מ דרומה מת"א. הנח שכל הערים נמצאות על אותו קו ישר. בדרכו לחיפה נסע אורי במהירות של 90 ק"מ לשעה. בדרכו לבאר שבע נסע אורי במהירות של 120 ק"מ לשעה.

א. מצא את המהירות הממוצעת של אורי (velocity).

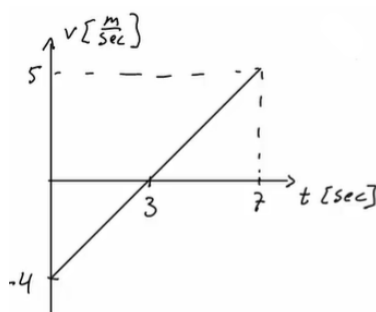
ומצא את ממוצע גודל המהירות של אורי (speed).

ב. שילה יצאה מת"א לבאר שבע חצי שעה לאחר אורי, שילה נסעה בדרך הקצרה ביותר.

באיזו מהירות ממוצעת (velocity) שילה שילה לנסוע על מנת שתגיע

לבאר שבע באותו זמן שבו יגיע אורי?

מה ממוצע גודל המהירות של שילה (speed)?



(4) מהירות ממוצעת בגרף לינארי

מהירותו של גוף נתונה בגרף הבא:

א. מצא את המהירות הממוצעת של הגוף

(average velocity) ואת ממוצע גודל

המהירות (average speed) עבור כל התנועה.

ב. מצא את המהירות הממוצעת של הגוף

(average velocity) בקטע שבין $t = 3\text{sec}$ ל- $t = 7\text{sec}$.

תשובות סופיות:

$$\bar{V} = 56 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad (1)$$

$$\bar{V} = 1.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (2)$$

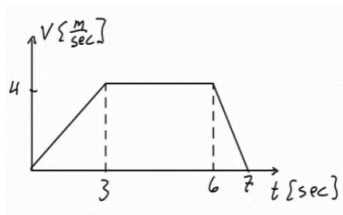
$$\bar{V} = -66.67 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, |\bar{V}| = 66.67 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{ב.} \quad \bar{V} = -50 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, |\bar{V}| = 110 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \bar{V} = \frac{4}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}}, |\bar{V}| = \frac{16}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (4)$$

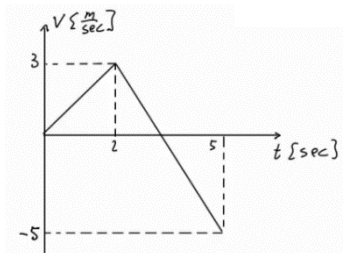
תאוצה:

שאלות:

- (1) **מטוס מאיץ בתאוצה קבועה**
מטוס מתחיל להאיץ ממנוחה בתאוצה קבועה.
לאחר 10 שניות הגיע המטוס למהירות 150 מטר לשנייה.
מהי תאוצת המטוס?
- (2) **משאית מאיצה**
משאית נוסעת במהירות של 70 קמ"ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ"ש.
מהי תאוצת המשאית?
- (3) **אופנוע מאיץ ממנוחה**
אופנוע מתחיל את נסיעתו ממנוחה, בתאוצה של 2 מטר לשנייה בריבוע.
א. מצא את נוסחת מהירות-זמן עבור האופנוע.
ב. מה תהיה מהירותו לאחר 7 שניות?
ג. מתי תהיה מהירותו 20 מטר לשנייה?
- (4) **אופנוע מאיץ אחרי מכונית**
מכונית נוסעת במהירות קבועה של 20 מטר לשנייה.
ברגע מסוים מתחילה המכונית להאיץ בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע.
אופנוע מתחיל את תנועתו שנייה לאחר המכונית ומאיץ בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע, ממנוחה.
מתי תהיה מהירות האופנוע שווה למהירות המכונית?
- (5) **תאוצה**
לפניך מספר מקרים בהם רכב משנה את מהירותו. מצא בכל מקרה את תאוצת הרכב וציין האם הרכב האיץ או שהרכב נמצא בתאוצה:
א. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה, למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 5 שניות.
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.
ג. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 2 שניות.
ד. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 5 שניות.
ה. רכב משנה את מהירותו מ-10 מטר לשנייה ל-5 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

**(6) גרף מהירות**

בגרף הבא מתוארת מהירותו של גוף, כתלות בזמן. מצא את התאוצה בכל אחד מחלקי התנועה ושרטט גרף עבור התאוצה כתלות בזמן. ציין עבור כל חלק האם הגוף מאיץ או נמצא בתאוצה.

**(7) גרף מהירות שלילית**

בגרף הבא מתוארת מהירותו של גוף כתלות בזמן. מצא את התאוצה בכל אחד מחלקי התנועה ושרטט גרף עבור התאוצה כתלות בזמן. ציין עבור כל חלק האם הגוף מאיץ או נמצא בתאוצה.

(8) דנה רצה בתאוצה קבועה

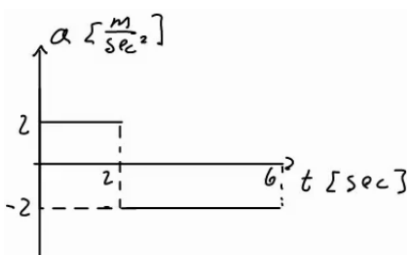
דנה מתחילה לרוץ ממנוחה בתאוצה קבועה השווה ל-2 מטר לשנייה בריבוע.
 א. מצא את המהירות של דנה לאחר 1, 2, ו-3 שניות.
 ב. מצא את המיקום של דנה לאחר 1, 2, 3 ו-4 שניות.
 ג. שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

(9) אופנוע משיג מכונית

מכונית נוסעת במהירות קבועה של 30 מטר לשנייה. ברגע מסוים המכונית חולפת על פני אופנוע הנמצא במנוחה. שתי שניות לאחר מכן מתחיל האופנוע נסיעה בתאוצה קבועה של 4 מטר לשנייה בריבוע. מתי ישיג האופנוע את המכונית?

(10) דני ודנה רצים זה לקראת זה

דני ודנה רצים זה לקראת זה. שניהם מתחילים לרוץ ממנוחה. דני רץ בתאוצה של 0.5 מטר לשנייה בריבוע ודנה בתאוצה של 1 מטר לשנייה בריבוע. המרחק ההתחלתי ביניהם הוא 50 מטר.
 א. מתי והיכן יפגשו דני ודנה?
 ב. מה מהירות כל אחד מהם ברגע המפגש?

**(11) גרפים של תאוצה, מהירות ומיקום**

גוף מתחיל לנוע ממנוחה מראשית הצירים. תאוצתו של הגוף נתונה בגרף הבא:
 א. מצא נוסחת מהירות-זמן עבור הגוף.
 ב. מצא נוסחת מיקום-זמן עבור הגוף.
 ג. שרטט גרפים עבור המהירות והמיקום, כתלות בזמן.

(12) מסלול המראה של ססנה

מטוס ססנה צריך להגיע למהירות של 150 קמ"ש על מנת להמריא.
 חשב מה אורך מסלול ההמראה הדרוש למטוס, אם תאוצתו היא 5 מטר לשנייה בריבוע.

(13) מרחק בלימה

יוסי נוסע במכוניתו במהירות של 100 קמ"ש.
 לפתע הוא מבחין באוטובוס המשתלב בנתיב התנועה שלו.
 האוטובוס נוסע במהירות של 60 קמ"ש.
 מהו "מרחק הבלימה" (המרחק הדרוש ליוסי בשביל להאט ל-60 קמ"ש),
 אם הוא מאט בקצב של 4 מטר לשנייה בריבוע?

(14) עומר עוצר לפני רמזור

עומר נסע במכוניתו במהירות של 50 קמ"ש.
 לפתע הבחין כי הרמזור שלפניו התחלף לאדום.
 עומר התחיל לבלום את רכבו, עד שהגיע לעצירה מוחלטת.
 הנח שהעצירה נעשית בקצב קבוע.
 א. מהי המהירות הממוצעת במהלך העצירה?
 ב. ברגע העצירה היה מרחקו של עומר מהרמזור 35 מטר.
 הזמן שלקח לעומר להגיע לעצירה מוחלטת היה 5 שניות,
 האם יספיק עומר לעצור לפני הרמזור?

תשובות סופיות:

$$15 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad (1)$$

$$0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad (2)$$

$$V(t) = 2 \cdot t \quad \text{א.} \quad 14 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad t = 10 \text{sec} \quad \text{ג.} \quad (3)$$

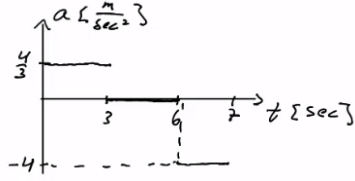
$$t = 23 \text{sec} \quad (4)$$

$$-2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad \text{ב.} \quad 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad \text{ג.} \quad 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad (5)$$

$$-2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad \text{ה.} \quad -3.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ המהירות חיובית - בתאוצה } (V \geq 0),$$

$$\text{המהירות שלילית - בתאוצה } (V < 0).$$

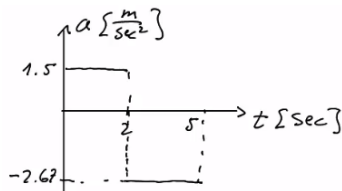
(6) חלק 1 - כאשר $0 \leq t \leq 3$ או $a_1 = \frac{4}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



חלק 2 - כאשר $3 \leq t \leq 6$ או $a_2 = 0$ - לא מאיץ ולא מאט; המהירות קבועה.

חלק 3 - כאשר $0 \leq t \leq 3$ או $a_3 = -4 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - בתאוצה.

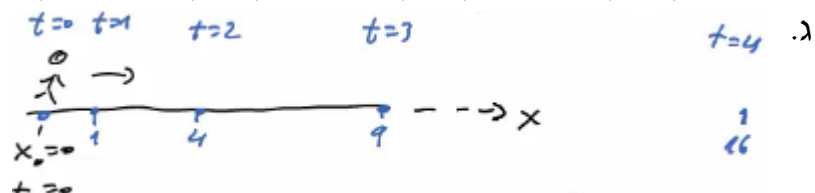
(7) חלק 1 - כאשר $0 \leq t \leq 2$ או $a_1 = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



חלק 2 - כאשר $2 \leq t \leq 5$ או $a_2 = \frac{-8}{3} \approx -2.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - כשהמהירות חיובית - בתאוצה $(V \geq 0)$, וכשהמהירות שלילית - בתאוצה $(V < 0)$.

$$V(t=1) = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, V(t=2) = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, V(t=3) = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$X(t=1) = 1^2 \text{m}, X(t=2) = 4 \text{m}, X(t=3) = 9 \text{m}, X(t=4) = 16 \text{m} \quad \text{ב.}$$



$$t_1 = 18.79 \quad (9)$$

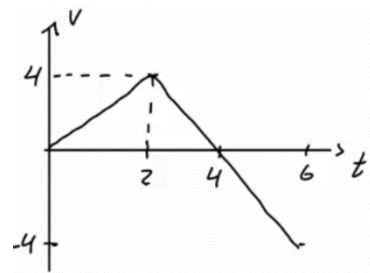
(10) א. הזמן: $t = 8.16 \text{ sec}$, המיקום: 16.65 m .

ב. $V_{\text{Dana}}(t = 8.16) = -8.16 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $V_{\text{Dani}}(t = 8.16) = 4.08 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(11) א. כאשר $0 < t < 2$, הנוסחה היא: $V(t) = 2t$; כאשר $2 < t < 6$, הנוסחה היא: $V(t) = 8 - 2t$.

ב. כאשר $0 < t < 2$: $X(t) = t^2$; כאשר $2 < t < 6$: $X(t) = 4 + 4(t-2) + \frac{1}{2}(-2)(t-2)^2$

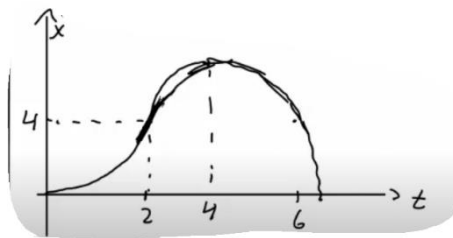
ג. שרטוט עבור מהירות:



(12) $\Delta x = 173.61 \text{ m}$

(13) $\Delta x = 61.73 \text{ m}$

(14) א. $\bar{v} = 25 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ ב. כן.



תרגול:

שאלות:

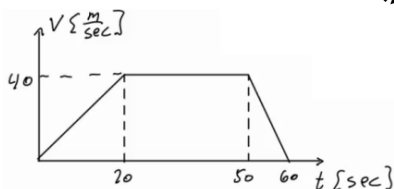
(1) מאפס לארבעים בעשר שניות

מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה לאורך כביש ישר. המכונית מאיצה בתאוצה קבועה, כך שלאחר 10 שניות היא מגיעה למהירות של 40 מטר לשנייה.

- מהי תאוצת המכונית?
- מצא את ההעתק שביצעה המכונית בזמן ההאצה.
- מהי המהירות הממוצעת של המכונית בזמן ההאצה?
- האם ההעתק שמבצעת המכונית בחמש השניות הראשונות גדול, קטן או שווה להעתק בחמש השניות האחרונות?
- מתי יהיה מיקום המכונית 32 מטר מהנקודה ממנה יצאה?
- מהי המהירות המכונית לאחר שעברה 60 מטרים?

(2) גרף של מהירות אופנוע בזמן

בגרף הבא נתונה מהירותו של אופנוע כתלות בזמן. האופנוע נע על קו ישר. קבע את ראשית הצירים במיקום ההתחלתי של האופנוע.



- תאר את סוג התנועה של האופנוע בכל אחד מקטעי התנועה.
- מצא את תאוצת האופנוע כתלות בזמן.
- מהי המהירות האופנוע ברגעים $t = 15, 40, 55$?
- מצא את מיקום האופנוע באותם רגעים של סעיף ג'.

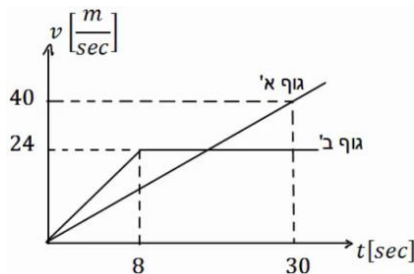
(3) דני שכח את הפלאפון

דני רץ בקו ישר במהירות קבועה שגודלה 14 מטר לשנייה. ברגע מסוים מבחין יוסי כי דני שכח את הפלאפון שלו. באותו רגע נמצא דני כבר במרחק של 64 מטר מיוסי. יוסי מתחיל לרוץ אחר דני ממנוחה בתאוצה קבועה של 8 מטר לשנייה בריבוע.

- מצא ביטוי למהירות כתלות בזמן עבור דני ויוסי. שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.
- מתי מהירותו של יוסי שווה לזו של דני? האם הוא משיג את דני ברגע זה?
- מצא ביטוי למיקום כתלות בזמן עבור דני ויוסי. שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.
- מתי ישיג יוסי את דני? כמה מרחק עבר יוסי עד אז?

(4) גרף מהירויות של שני גופים

בגרף הבא מתוארות המהירויות של שני גופים, כתלות בזמן. הנח ששני הגופים נעים לאורך קו ישר ויוצאים מהראשית.

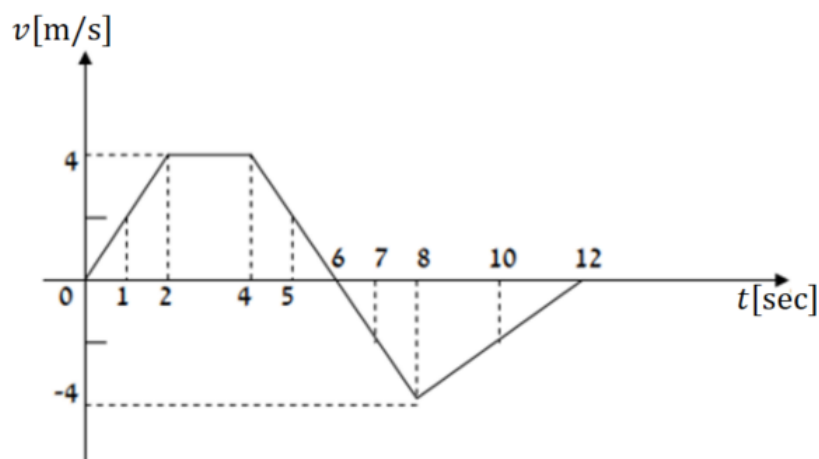


- תאר את תנועתו של כל גוף.
- רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.
- מצא את המרחק בין הגופים ברגעים: $t = 3\text{sec}$, 24sec , וציין מי מקדים את מי.
- מתי מהירויות שני הגופים שוות?
- מתי מיקום שני הגופים זהה?

(5) גרף מהירות זמן בקו ישר

מהירותו של גוף הנע לאורך קו ישר נתונה על ידי הגרף שבאיור.

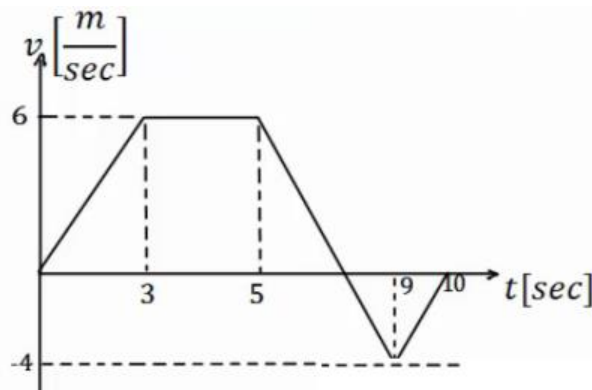
- האם תאוצתו של הגוף בזמן $t = 1\text{sec}$ שווה בגודלה ובכיוונה לתאוצתו בזמן שניות $t = 5\text{sec}$?
- האם בזמן $t = 10\text{sec}$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר מאשר בזמן $t = 2\text{sec}$?
- האם תאוצת הגוף בזמן $t = 5\text{sec}$ שווה בגודלה אך הפוכה בכיוונה לתאוצתו בזמן $t = 7\text{sec}$?
- האם המרחק של הגוף מנקודת מוצאו מקסימלי בזמן $t = 12\text{sec}$?
- האם בזמן $t = 8\text{sec}$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר ממרחקו בזמן $t = 5\text{sec}$?



(6) תרגיל עם הכל

הגרף הבא מתאר את מהירותו של גוף הנע בקו ישר. הנח שהגוף מתחיל את תנועתו מהראשית. הגוף נע במשך 10 שניות ונעצר.

- תאר את התנועה של הגוף במילים.
- חשב ושרטט גרף של התאוצה כתלות בזמן של הגוף.
- מתי נמצא הגוף במרחק הגדול ביותר (בכיוון החיובי) מהראשית? מהו מרחק זה?
- מהו המרחק הכולל שעבר הגוף?
- מהו ההעתק הכולל שעשה הגוף?
- מהי המהירות הממוצעת של הגוף בתנועה?
- מהו מרחק הגוף מהראשית ב- $t = 6\text{sec}$?
- מתי נמצא הגוף במרחק 12 מטרים מהראשית?
- שרטט גרף של מיקומו של הגוף כתלות בזמן.
- אין צורך לסמן ערכים בציר האנכי של הגרף.

**(7) שני נתונים בזמנים שונים**

גוף נע בקו ישר בתאוצה קבועה.

- ב- $t = 2\text{sec}$ מהירותו היא 15 מטרים לשנייה ומיקומו 5 מטרים מהראשית, בכיוון החיובי. ידוע גם שב- $t = 4\text{sec}$ מהירותו היא 21 מטר לשנייה.
- מצא את תאוצת הגוף.
- מצא נוסחת מיקום זמן של הגוף.
- מהו מיקום הגוף ב- $t = 0$, ומתי יהיה בראשית?
- מצא נוסחת מהירות זמן עבור הגוף.
- מהי המהירות בה הגוף התחיל את התנועה (מהירות ב- $t = 0$)?

(8) שוטר רודף אחרי מכונית

- שוטר נמצא בניידת משטרה. מכונית חולפת ליד הניידת במהירות של 150 קמ"ש. זמן התגובה של השוטר בניידת הוא 3 שניות ולאחר מכן הוא מתחיל לנסוע ממנוחה בתאוצה של $2 \frac{m}{sec^2}$. המהירות המקסימלית של הניידת היא 180 קמ"ש.
- א. באיזה מרחק מתחילת התנועה יתפוס השוטר את המכונית?
- ב. שרטטו על אותה מערכת צירים את הגרפים של המהירות כתלות בזמן של המכונית והניידת מהרגע בו חולפת המכונית ליד הניידת.

(9) זמן מינימלי לסיים מסלול**

- מכונית יכולה להאיץ מאפס ל-100 קמ"ש תוך 10 שניות, כאשר ניתן להניח שקצב ההאצה קבוע. אותה מכונית יכולה לבלום בקצב של 0.5g. מהו הזמן המינימלי לעבור מסלול של 3 ק"מ אם המכונית מתחילה ממנוחה ומסיימת בעצירה מוחלטת. (רמז: השתמש בגרף מהירות זמן).

(10) כמה זמן הרכבת נסעה במהירות קבועה**

- רכבת יוצאת מיישוב א' אל יישוב ב'.
- בשליש הראשון של הדרך הרכבת מאיצה בתאוצה קבועה.
- בשליש של הדרך הרכבת נוסעת במהירות קבועה.
- בשליש האחרון של הדרך הרכבת מאטה בקצב קבוע עד לעצירתה ביישוב ב'.
- זמן הנסיעה הכולל הוא T.
- כמה זמן נסעה הרכבת במהירות קבועה?

תשובות סופיות:

(1) א. $4 \frac{m}{sec^2}$ ב. $x(t) = 200m$ ג. $20 \frac{m}{sec}$ ד. קטן.

ה. $t = 4sec$ ו. $V_F \approx 21.91 \frac{m}{sec}$

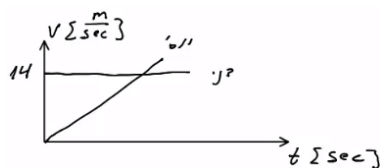
(2) א. כאשר $0 \leq t \leq 20$ (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.
כאשר $20 \leq t \leq 50$ (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.
כאשר $50 \leq t \leq 60$ (חלק III), התאוצה קבועה ושלילית - תאוצה - והמיקום הולך וגדל.

$$a = \begin{cases} 2 \frac{m}{sec^2} & 0 < t < 20 \\ 0 & 20 < t < 50 \\ -4 \frac{m}{sec^2} & 50 < t < 60 \end{cases} \text{ ב.}$$

ג. $V(t=15) = 30 \frac{m}{sec}$, $V(t=40) = 40 \frac{m}{sec}$, $V(t=55) = 20 \frac{m}{sec}$

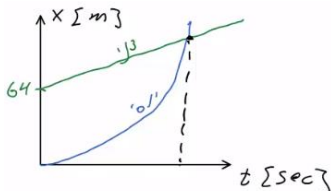
ד. $x(t=15) = 225m$, $x(t=40) = 1,200m$, $x(t=55) = 1,750m$

(3) א. דני - $V(t) = 14 \frac{m}{sec}$, יוסי - $V(t) = 8t$; גרף:



ב. $t = 1.75sec$; לא.

ג. דני - $x(t) = 64 + 14t$, יוסי - $x(t) = 4t^2$; גרף:



ד. ב- $t = 6.12$, המרחק: $149.82m$

(4) א. גוף א': תנועה בתאוצה קבועה, האצה. ההתקדמות בכיוון חיובי.
גוף ב': כאשר $0 < t < 8$, כמו גוף א'. כאשר $8 \leq t$, תנועה במהירות קבועה בכיוון חיובי.

ב. גוף א': $x(t) = \frac{2}{3}t^2$

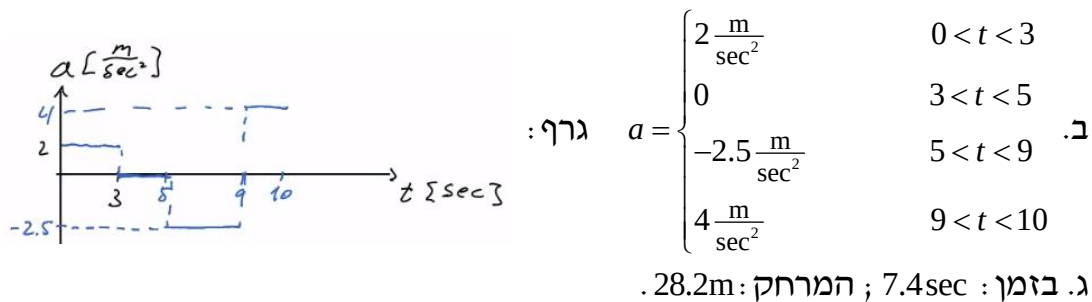
גוף ב': כאשר $0 \leq t \leq 8$, $x(t) = \frac{3}{2}t^2$. כאשר $8 \leq t \leq \infty$, $x(t) = 96 + 24(t-8)$

ג. כש- $\Delta x(t=3) = 7.5m$, וכש- $\Delta x(t=24) = 96m$. גוף ב' מקדים את א'.

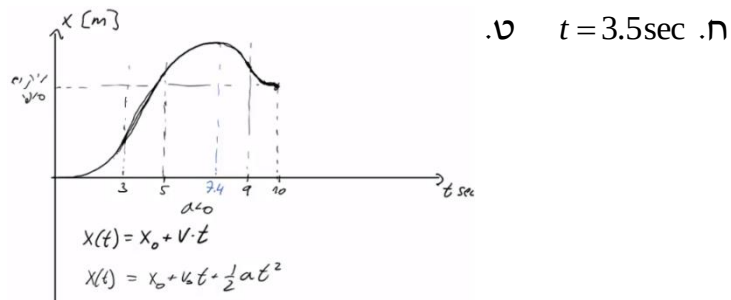
ד. $t = 18sec$ ה. כש- $t = 31.42sec$

(5) א. לא. ב. כן. ג. לא. ד. לא. ה. לא.

- 6) א. כאשר $0 \leq t \leq 3$ (חלק I), תאוצה קבועה, האצה והתקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $3 \leq t \leq 5$ (חלק II), תנועה במהירות קבועה, התקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $5 \leq t \leq 9$ (חלק III), תאוצה קבועה שלילית.
תאוצה עד אשר המהירות מתאפסת, ואז מתחילה האצה בכיוון הנגדי.
התקדמות בכיוון החיובי עד שהמהירות מתאפסת ואז מתחילים לחזור בכיוון הנגדי.
כאשר $9 \leq t \leq 10$, תאוצה קבועה חיובית, תאוצה. התקדמות בכיוון הנגדי.



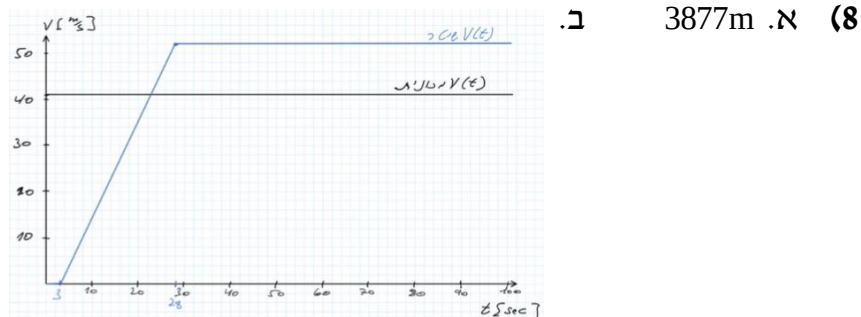
ד. $S = 33.4m$ ה. $\Delta x = 23m$ ו. $\bar{V} = 2.3 \frac{m}{sec}$ ז. $\Delta x = x(t=6) - 25.75m$



7) א. $a = 3 \frac{m}{sec^2}$ ב. $x(t) = 5 + 15(t-2) + \frac{1}{2} 3(t-2)^2$

ג. $x(t=1.65) = 0$; $x(t=0) = -19$

ד. $V(t) = 15 + 3(t-2)$ ה. $V(t=0) = 9 \frac{m}{sec}$



9) $T = 58sec$

10) $t_2 = \frac{T}{5}$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 4 - וקטורים

תוכן העניינים

35	1. הגדרות סימונים והצגות
40	2. פעולות בין וקטורים
44	3. מכפלה סקלרית
47	4. חיבור וחסור וקטורים בשיטת המקבילית

הגדרות סימונים והצגות:

רקע:

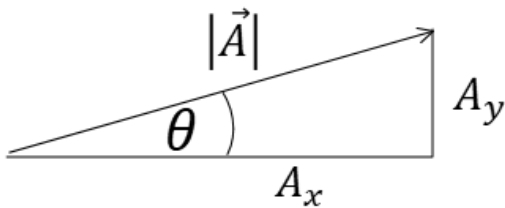
וקטור הוא כלי מתמטי המשמש לתיאור גודל פיזיקלי עם כיוון (לדוגמה מהירות או כוח).

וקטור מתארים באמצעות חץ. גודל החץ מתאר את הגודל של הערך הפיזיקלי וכיוון החץ את כיוונו.

אין משמעות למיקום של הוקטור (בציור) מה שמגדיר את הוקטור זה רק הכיוון והגודל (ניתן להזיז את החץ בציור כל עוד שומרים על הגודל והכיוון וזה מאוד שימושי בחישובים)

הסימון של וקטור הוא בחץ מעל האות $\vec{A}$ (או לפעמים מסמנים באות מודגשת).

הצגה פולרית: הצגה לפי גודל $|\vec{A}|$ וכיוון (זווית θ עם ציר ה x החיובי).
 הצגה קרטזית (אלגברית): הצגה באמצעות רכיבים.



מעבר מפולרי לקרטזי (פירוק וקטור לרכיבים):

$$A_y = |\vec{A}| \sin \theta$$

$$A_x = |\vec{A}| \cos \theta$$

(ניתן גם להגדיר זווית שאינה עם ציר ה x החיובי ואז A_x יהיה הניצב שליד הזווית ו-
 A_y הניצב שמול)

מעבר מקרטזי לפולרי (מציאת גודל וזווית)

$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$

שאלות:

(1) הצגה פולרית

צייר את הוקטורים הבאים על גבי מערכת צירים:

שם הוקטור	גודל הוקטור	זווית הוקטור עם ציר ה- x
$\vec{A}$	$ \vec{A} = 2$	$\theta_A = 30^\circ$
$\vec{B}$	$ \vec{B} = 4$	$\theta_B = 30^\circ$
$\vec{C}$	$ \vec{C} = 2$	$\theta_C = 90^\circ$
$\vec{D}$	$ \vec{D} = 4$	$\theta_D = 120^\circ$
$\vec{E}$	$ \vec{E} = 2$	$\theta_E = 300^\circ$
$\vec{F}$	$ \vec{F} = 2$	$\theta_F = -60^\circ$

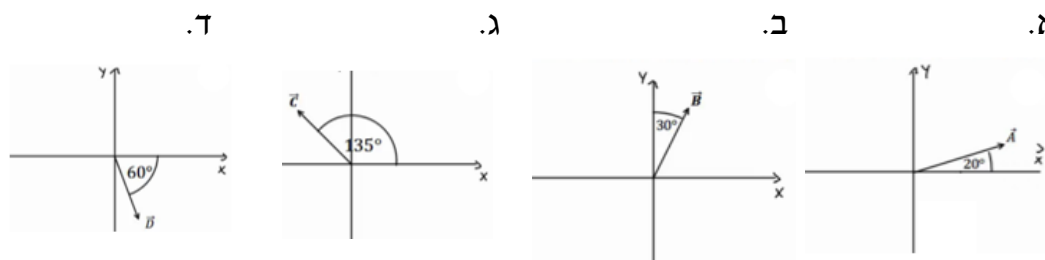
(2) הצגה קרטזית

צייר על מערכת צירים את הוקטורים הבאים, רשום את רכיבי הוקטורים וציין באיזה רביע נמצא כל וקטור:

$$\vec{A} = (1, 2), \vec{B} = (-2, 3), \vec{C} = (-3, -2), \vec{D} = (2, -1)$$

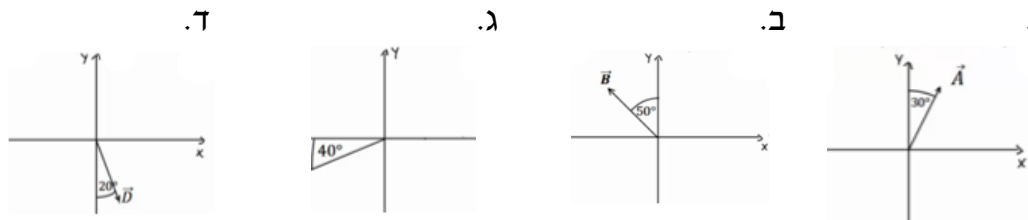
(3) מעבר מפולרי לקרטזי

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.
 רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):



(4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 3.
 רשום כל אחד מהוקטורים הצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):



(5) פירוק לרכיבים

באיור הבא, גודלו של הוקטור $\vec{A}$ הוא 4, וגודלו של הוקטור $\vec{B}$ הוא 5.
 מצא את הרכיבים הקרטזיים של כל וקטור:



פתור פעם אחת באמצעות הזוויות שנתונות באיור, ופעם אחת באמצעות הזווית עם הכיוון החיובי של ציר ה- x .

(6) מקרטזי לפולרי

מצא את הגודל והכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A} = (2, -1)$

ב. $\vec{B} = (-0.5, -2)$

(7) מקרטזי לפולרי

שרטט את הוקטורים הבאים על מערכת צירים.
 מצא את הגודל והכיוון של כל אחד מהוקטורים.
 את הכיוון תאר ע"י הזווית של הוקטור עם ציר ה- x החיובי.

א. $\vec{A} = (2, 3)$

ב. $\vec{B} = (-1, 2)$

ג. $\vec{C} = (0, -3)$

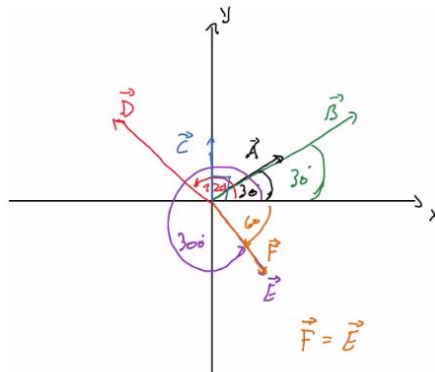
ד. $\vec{D} = (2, -2)$

ה. $E_x = 2$, $|\vec{E}| = 3$ הוקטור ברביע הראשון.

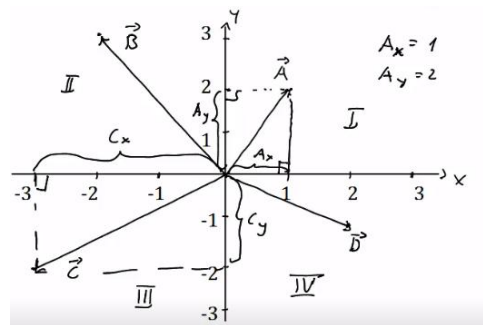
ו. $E_y = -1$, $|\vec{E}| = 3$ הוקטור ברביע השלישי.

תשובות סופיות:

(1) ראו שרטוט:



(2) ראו שרטוט:



$$\vec{A} = (1.88, 0.68), \vec{B} = (1, \sqrt{3}), \vec{C} = (-\sqrt{2}, \sqrt{2}), \vec{D} = (1, -\sqrt{3}) \quad (3)$$

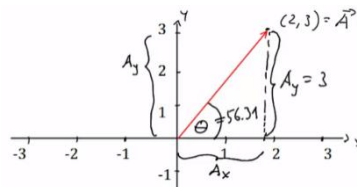
$$\vec{A} = \left(\frac{3}{2}, 2.60\right) \text{ א.} \quad \vec{B} = (-2.30, 1.93) \text{ ב.} \quad \vec{C} = (-2.30, -1.93) \text{ ג.} \quad (4)$$

$$\vec{D} = (-2.30, -1.93) \text{ ד.}$$

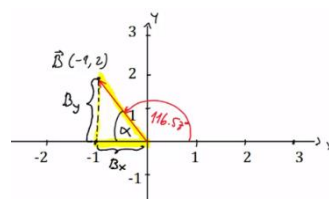
$$\vec{A} = (-3.28, 2.29) \text{ א.} \quad \vec{B} = (-4.33, -2.5) \text{ ב.} \quad (5)$$

$$\theta_A = -26.57^\circ = 333.43^\circ; |\vec{A}| = \sqrt{5} \text{ א.} \quad \theta_B = 255.96^\circ; |\vec{B}| = 2.06 \text{ ב.} \quad (6)$$

$$\theta_A = 56.31^\circ; |\vec{A}| = \sqrt{13} \text{ א. שרטוט:} \quad (7)$$

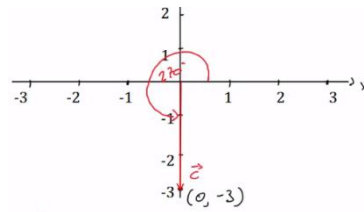


$$\theta_B = 116.57^\circ; |\vec{B}| = \sqrt{5}$$



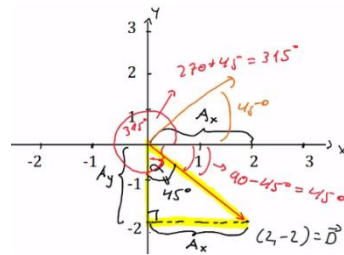
ב. שרטוט:

$$\theta_C = 270^\circ ; |\vec{C}| = 3$$



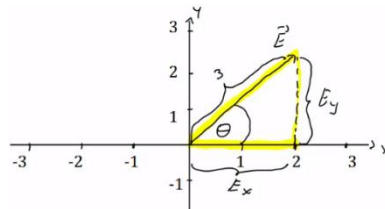
ג. שרטוט:

$$\theta_D = 315^\circ = -45^\circ ; |\vec{D}| = \sqrt{8}$$



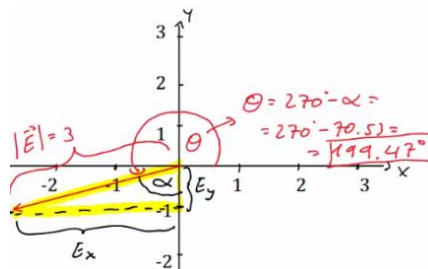
ד. שרטוט:

$$\theta_E = 48.19^\circ ;$$



ה. שרטוט:

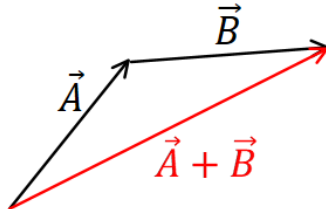
$$\theta_E = 199.47^\circ ;$$



ו. שרטוט:

פעולות בין וקטורים:

רקע:



חיבור וקטורים :
 בצורה גרפית נצמיד ראש לזנב. וקטור הסכום יהיה וקטור מהזנב הראשון לראש הוקטור האחרון.
תמיד ניתן להזיז וקטור במרחב כל עוד שומרים על האורך והכיוון שלו.

בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים :

$$\vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x, A_y + B_y)$$

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.

כפל/חלוקה בסקלר : בצורה אלגברית, נכפיל/נחלק כל רכיב בסקלר :

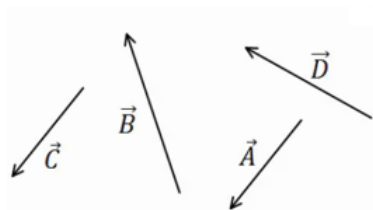
$$\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$$

- בצורה פולרית, נכפיל/נחלק את הגודל בסקלר (הכיוון לא משתנה אלא אם הסקלר שלילי ואז הכיוון מתהפך)

שאלות:

1) חיבור וקטורים לפי סימונים

מצא את : $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} = \vec{E}$



2) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים :

$$|\vec{A}| = 3, \theta_A = 30^\circ$$

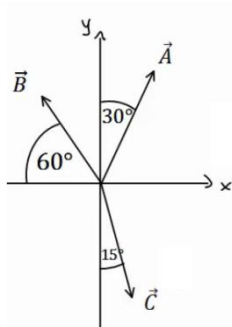
$$|\vec{B}| = 2, \theta_B = -30^\circ$$

$$|\vec{C}| = 3, \theta_C = 180^\circ$$

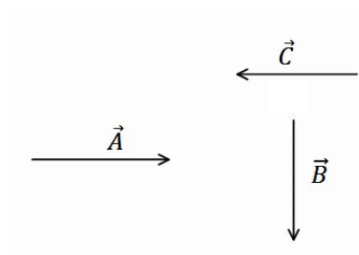
א. שרטט את הוקטורים על גבי מערכת צירים.

ב. שרטט את גודלן וכיוונו של הוקטור : $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$

שרטט את הוקטור $\vec{D}$ על אותה מערכת צירים.

(3) דוגמה 2

הגודל של הוקטורים באיור הבא הוא: $|\vec{A}| = 5$, $|\vec{B}| = 4$, $|\vec{C}| = 5$.
 מצא את הוקטור השקול (סכום הוקטורים): $\vec{D} = \vec{C} + \vec{A} + \vec{B}$.

(4) חיסור לפי סימונים

בציור נתונים הוקטורים: $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$.
 מצא את: $\vec{D} = \vec{B} - \vec{C} - \vec{A}$.

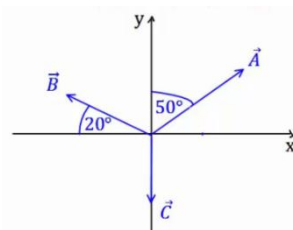
(5) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים: $\vec{A} = (3, 5)$, $\vec{B} = (-1, 4)$, $\vec{C} = (0, 2)$.
 מצא את:

א. $\vec{D} = -2\vec{B}$
 ב. $\vec{E} = 3\vec{A} - 2\vec{C} - \vec{B}$
 ג. $\vec{F} = -2(\vec{A} + \vec{B}) + 3\vec{C}$

(6) דוגמה 2

גודלם של הוקטורים באיור הבא הם: $|\vec{A}| = 5$, $|\vec{B}| = 4$, $|\vec{C}| = 3$.



א. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{D} = -2\vec{B}$.
 שרטט את $\vec{D}$ על מערכת צירים.
 ב. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{E} = 2\vec{A} - 3\vec{B} - 4\vec{C}$.
 שרטט את $\vec{E}$ על מערכת הצירים.

(7) דוגמה 3

גודלו של הווקטור $\vec{A}$ הוא 2 והזווית שהוא יוצר עם ציר ה- x החיובי היא 30° .

א. שרטט את הווקטור במערכת הצירים.

ב. מצא את $\vec{B} = 3 \cdot \vec{A}$ ללא פירוק של $\vec{A}$ לרכיבים. שרטט את $\vec{B}$ על אותה מערכת.

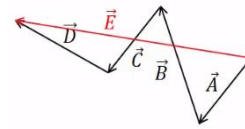
ג. מצא את הרכיבים של $\vec{A}$.

ד. חשב שוב את $\vec{B} = 3 \cdot \vec{A}$. הפעם דרך הרכיבים של $\vec{A}$.

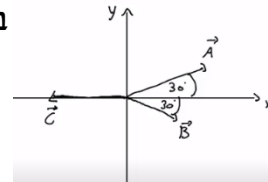
ה. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{B}$ מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.
הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

תשובות סופיות:

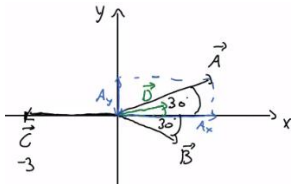
(1)



(2) א.

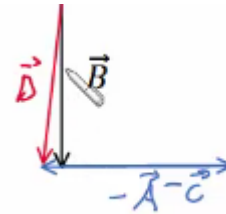


ב. $|\vec{D}| = 1.42$, $\theta_D = 20.60^\circ$



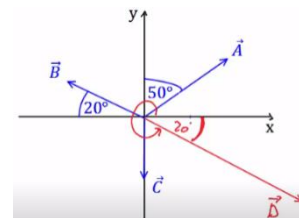
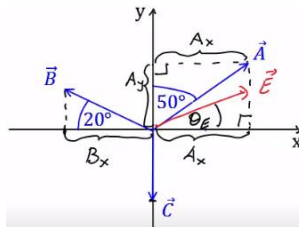
(3) $|\vec{D}| = 3.46$, $\theta_D = 58.84^\circ$

(4)

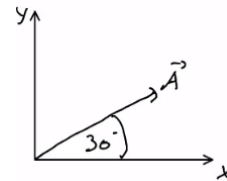
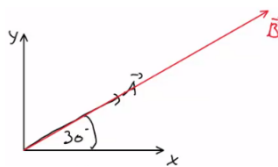


(5) א. $\vec{D} = (2, -8)$ ב. $\vec{E} = (10, 7)$ ג. $\vec{F} = (-4, -12)$

(6) א. $|\vec{D}| = 8$, $\theta_D = -20^\circ$ ב. $|\vec{E}| = 23.75$, $\theta_E = 37.23^\circ$



(7) א. ב. $|\vec{B}| = 6$, $\theta_B = \theta_A = 30^\circ$ ג. $\vec{A} = (\sqrt{3}, 1)$



ד. $\vec{B} = (3\sqrt{3}, 3)$ ה. ראה סרטון.

מכפלה סקלרית:

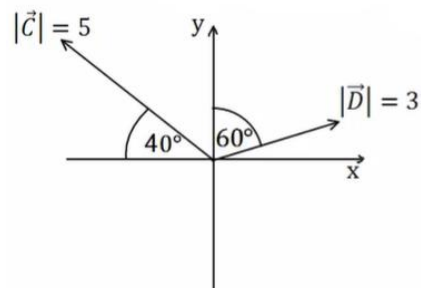
שאלות:

(1) דוגמה 1

מצא את תוצאת המכפלה הסקלרית בין הוקטורים הנתונים בכל המקרים הבאים:

א. $\vec{A} = (-1, 2)$, $\vec{B} = (2, 2)$

ב.



(2) דוגמה 2

בדוק עבור זוגות הוקטורים הבאים האם הם מאונכים:

א. $\vec{A} = (1, 4)$, $\vec{B} = (-2, 5)$

ב. $\vec{A} = (1, 4)$, $\vec{B} = (8, -2)$

ג. $\vec{A} = (-1, -2)$, $\vec{B} = (-2, 1)$

ד. שרטט כל זוג וקטורים מאונכים על מערכת צירים.

חשב את זוויות הוקטורים עם הצירים והראה שהזווית בין הוקטורים היא אכן 90 מעלות.

(3) דוגמה 3

נתונים הוקטורים הבאים: $\vec{A} = (-3, 1)$, $\vec{B} = (2, -4)$

א. מצא את תוצאת המכפלה הסקלרית באמצעות ההצגות הקרטזיות הנתונות.

ב. מצא את הגודל והזווית של כל וקטור.

ג. מצא את המכפלה הסקלרית שוב, הפעם באמצעות הנוסחה של מכפלת הגדלים בקוסינוס הזווית. בדוק כי התוצאה זהה לסעיף א'.

(4) דוגמה 4

נתונים הוקטורים הבאים : $\vec{A} = (-3, 1)$, $\vec{B} = (2, -4)$

א. הראה כי החישוב של $\vec{A} \cdot \vec{B}$ זהה לחישוב $\vec{B} \cdot \vec{A}$.

ב. הוכח בצורה כללית כי המכפלה הסקלרית היא פעולה קומוטטיבית (הדרכה : רשום את הוקטורים בצורה כללית עם נעלמים).

(5) דוגמה 5

נתונים הוקטורים הבאים : $\vec{A} = (2, 1)$, $\vec{B} = (-3, 2)$, $\vec{C} = (1, -3)$

חשב את :

א. $\vec{A} \cdot \vec{C}$

ב. $(\vec{A} + \vec{B}) \cdot \vec{C}$

ג. $\vec{A} \cdot \vec{C} + \vec{B} \cdot \vec{C}$

ד. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{C}$

ה. $\vec{A} \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C})$

ו. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{B}$

ז. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C})$

(6) דוגמה 6

נתונים הוקטורים הבאים : $\vec{A} = (-2, 2)$, $\vec{B} = (1, -3)$, $\vec{C} = (1, 5)$

חשב את :

א. $\frac{(\vec{A} \cdot \vec{B}) \vec{B}}{|\vec{B}|^2}$

ב. $\frac{(\vec{B} \cdot \vec{C}) \vec{C}}{|\vec{C}|^2}$

(7) דוגמה 7

נתונים הוקטורים הבאים : $\vec{A} = (-2, 2)$, $\vec{B} = (1, -3)$, $\vec{C} = (1, 5)$

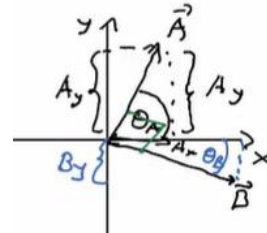
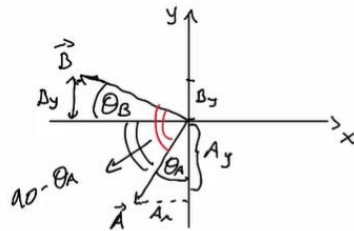
מצא את הזווית בין $\vec{A}$ ל- $\vec{B}$ ובין $\vec{B}$ ל- $\vec{C}$.

תשובות סופיות:

(1) א. 2 ב. -5.13

(2) א. $\vec{A}$ לא מאונך ל- $\vec{B}$. ב. מאונכים. ג. מאונכים.

ד. ב. $\theta_A = 75.96^\circ, \theta_B = 14.04^\circ$. ד. ג. $\theta_A = 26.57^\circ, \theta_B = 26.57^\circ$.



(3) א. $\vec{A} \cdot \vec{B} = -10$ ב. $|\vec{A}| = \sqrt{10}, \tilde{\theta}_A = 161.57^\circ, |\vec{B}| = \sqrt{20}, \tilde{\theta}_B = -63.43^\circ$

ג. $\vec{A} \cdot \vec{B} = -10$

(4) א. הוכחה. ב. הוכחה.

(5) א. -1 ב. -10 ג. -10 ד. (-4,12) ה. (-18,-9)

ו. (12,-8) ז. 36

(6) א. (-0.8,2.4) ב. (-0.54,-2.69)

(7) $\alpha_{\vec{AB}} = 153.43^\circ, \alpha_{\vec{BC}} = 150.26^\circ$

חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית:

שאלות:

(1) חיבור באמצעות מקבילית

נתונים הוקטורים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$. גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא: $\theta_A = 130^\circ$. גודלו של הוקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא: $\theta_B = 60^\circ$. שרטט את הוקטורים על מערכת צירים ומצא את: $\vec{A} + \vec{B}$ באמצעות שיטת המקבילית.

(2) חיסור באמצעות מקבילית

נתונים הוקטורים $\vec{A}$ ו- $\vec{B}$. גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא: $\theta_A = 130^\circ$. גודלו של הוקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא: $\theta_B = 60^\circ$. שרטט את הוקטורים על מערכת צירים ומצא את: $\vec{A} - \vec{B}$ באמצעות שיטת המקבילית.

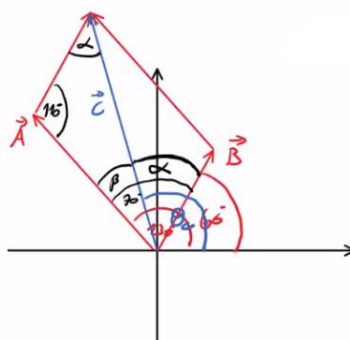
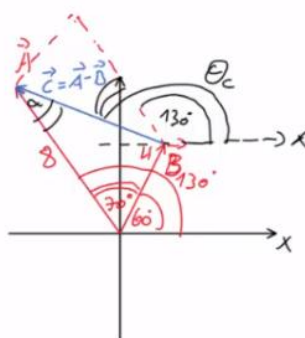
(3) מציאת אורך של שקול

אורכם של שני וקטורים הוא 5 ו-10 ס"מ. הזווית ביניהם היא 30 מעלות. מהו אורכו של הוקטור השקול שלהם (סכום הוקטורים)?

(4) מציאת זווית בין שני וקטורים

נתונים שני וקטורים שאורכם 10 ו-13 מטר. אורך השקול שלהם הוא 20 מטר. מצא את הזווית בין הווקטורים.

תשובות סופיות:

 (1) 108.1° , 10.1

 (2) 159.5° , 7.62

 (3) $a \approx 14.6 \text{ c.m}$

 (4) $\theta = 60^\circ$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 5 - נפילה חופשית זריקה אנכית

תוכן העניינים

49	1. נפילה חופשית
50	2. זריקה אנכית
52	3. תרגילים

נפילה חופשית:

שאלות:

(1) כדור ברזל קטן

- כדור ברזל קטן משוחרר ממנוחה ממעלי מגדל מאוד גבוה (הזנח את התנגדות האוויר).
 א. מצא את מרחקו מנקודת השחרור לאחר 4 שניות.
 ב. מצא את מהירותו באותו הרגע.

(2) תפוח עץ

- תפוח נופל מעץ מגובה של 15 מטרים (הנח שהתפוח נופל ממנוחה והזנח את התנגדות האוויר).
 א. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בקרקע.
 ב. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בראשו של ניוטון, היושב מתחת לעץ.
 הנח שגובה הראש של ניוטון בישיבה הוא 1 מטר.

(3) חסידה מביאה חבילה

- חסידה מפילה חבילה מגובה של 320 מטרים.
 א. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה הרביעית של תנועתה.
 ב. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה האחרונה של תנועתה.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } 80\text{m} \quad \text{ב. } 40 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(2) \quad \text{א. } 17.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } V_F \approx 16.73$$

$$(3) \quad \text{א. } \Delta y = 35\text{m} \quad \text{ב. } \Delta y = 75\text{m}$$

זריקה אנכית:

שאלות:

(1) דנה גרה מעל צחי

- דנה גרה בבניין קומות גבוה. חברה צחי גר שלוש קומות מתחתיה.
- דנה זורקת מהחלון כדור במהירות של $5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ כלפי מטה לעבר החלון של צחי. גובה כל קומה הוא 3 מטרים.
- א. מתי יעבור הכדור את חלונו של צחי?
- ב. מה תהיה מהירות הכדור באותו הרגע?
- ג. מה תהיה מהירות הכדור שתי קומות מתחת לחלונו של צחי?

(2) דני זורק כדור מחלון גבוה

- דני זורק כדור כלפי מעלה מחלון ביתו הנמצא בגובה 105 מטרים מעל הקרקע (בניין גבוה). מהירות הכדור ישר אחרי הזריקה היא 20 מטר לשניה.
- סמן את כיוון הציר החיובי כלפי מעלה ואת ראשית הצירים בנקודת הזריקה.
- א. רשום נוסחאות מקום-זמן ומהירות-זמן עבור הכדור.
- ב. הכן טבלה ורשום בה את הערכים של המיקום והמהירות ב-6 השניות הראשונות.
- ג. צייר את מיקום הכדור בכל שנייה ב-6 השניות.
- ד. מתי יפגע הכדור בקרקע?
- ה. חזור על סעיפים א' ו-ד' במקרה שבו ראשית הצירים בקרקע.

(3) רועי קופץ לבריכה

- רועי קופץ לבריכה ממקפצה בגובה 10 מטרים.
- מהירותו מיד לאחר הניתוק מהמקפצה היא 2 מטר לשניה כלפי מעלה.
- א. מתי מגיע רועי לשיא הגובה בקפיצה?
- ב. מהו שיא הגובה?
- ג. מהי המהירות שבה פוגע רועי במים?
- ד. כמה זמן עבר מרגע הקפיצה עד לרגע בו פגע רועי במים?

תשובות סופיות:

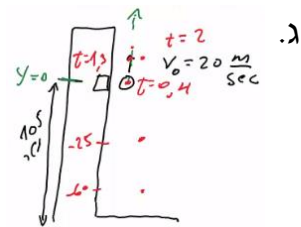
$$V(y=15) \approx 18.03 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{.} \lambda \quad V(t=0.93) = 14.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{.} \beth \quad 0.93 \text{sec} \quad \text{.} \aleph \quad \textbf{(1)}$$

2. א. מקום-זמן: $y(t) = 20t - 5t^2$, מהירות-זמן: $V(t) = 20 - 10t$
 ב.

זמן (בשניות)	מיקום (במטרים)	מהירות (מטרים לשנייה)
1	15	10
2	20	0
3	15	-10
4	0	-20
5	-25	-30
6	-60	-40

ד. 7sec. ה. (א) מקום-זמן: $y(t) = 105 + 20t - 5t^2$.

מהירות-זמן: $V(t) = 20 - 10t$.

7 sec (τ)

$$t \approx 1.63 \text{ sec} \quad \cdot 7 \quad -14.28 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \cdot 2 \quad 0.2 \text{ m} \quad \cdot 1 \quad t = 0.2 \text{ sec} \quad \cdot 8 \quad (3)$$

תרגילים:

שאלות:

1) אבן נזרקת מגג בניין

מגג בניין שגובהו 120 מטר נזרקת אבן כלפי מעלה, במהירות התחלתית שגודלה 20 מטר לשניה.

- א. כעבור כמה זמן תמצא האבן בשיא גובה התנועה?
- ב. מה הגובה המקסימלי אליו מגיעה האבן?
- ג. מהי מהירות האבן כאשר היא פוגעת בקרקע? (הקפד על הסימן).

2) חלק ניתק מטיל

טיל משוגר אנכית כלפי מעלה, ממנוחה, בתאוצה קבועה של 6 מטר לשניה בריבוע. כאשר הטיל בגובה של 300 מטר ניתק ממנו חלק.

- א. מהי מהירות הטיל ברגע ניתוק החלק?
- ב. מהו שיא הגובה, ביחס לקרקע, אליו מגיע החלק שניתק?
- ג. לאחר כמה זמן מרגע השיגור יפגע החלק בקרקע?
- ד. מהי מהירות החלק ברגע פגיעתו בקרקע?

3) כדור נזרק מלמעלה וגוף נזרק מלמטה

כדור נזרק כלפי מטה מראש בניין שגובהו 80 מטר. מהירותו ההתחלתית של הכדור היא 15 מטר לשניה. באותו הרגע, נזרק גוף שני מתחתית הבניין כלפי מעלה. מהירותו ההתחלתית של הגוף השני היא 40 מטר לשניה.

- א. רשום נוסחת מקום-זמן עבור כל גוף.
- ב. האם הגוף השני יעבור את גובה הבניין?
- ג. היכן ביחס לרצפת הבניין יחלפו הגופים אחד ליד השני?
- ד. רשום נוסחת מהירות-זמן לכל גוף.
- ה. מה תהיה מהירות כל גוף ברגע המפגש?
- ו. מהי מהירות הפגיעה בקרקע של כל גוף?
- ז. שרטט גרף מהירות-זמן וגרף מיקום-זמן לכל גוף.

(4) גוף נזרק אנכית מגג בניין

- גוף נזרק אנכית כלפי מעלה מגג בניין שגובהו 40 מטר.
 מהירותו ההתחלתית של הגוף היא 30 מטר לשנייה.
 בחר ציר y , שראשיתו בקרקע וכיוונו החיובי כלפי מעלה.
- רשום את הפונקציות: מקום-זמן, מהירות-זמן ותאוצה-זמן, של הגוף.
 - ערוך טבלה של מהירותו ומיקומו בזמנים: $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5 \text{ sec}$.
 - שרטט גרפים עבור שלושת הפונקציות שחישבת בסעיף א'.

(5) כדור מלמעלה וכדור מלמטה מתעכב

- כדור נופל מגובה של 70 מטרים בנפילה חופשית.
 שלוש שניות לאחר מכן נזרק כדור נוסף מהקרקע במהירות התחלתית v_0 .
- רשום נוסחת מקום-זמן לכל גוף כפונקציה של v_0 .
 - מה צריך להיות v_0 על מנת שהכדורים לא יחלפו זה על פני זה?
 - רשום נוסחת מקום – זמן לכל גוף, בהנחה שהערך של v_0 הוא הערך המקסימלי שמקיים את התנאי של סעיף ב'.
 - מה תהיה מהירות כל גוף בפגיעה בקרקע?
 - ה. שרטט גרף מהירות – זמן לשתי האבנים על אותה מערכת צירים.

(6) כדור פורח

- כדור פורח עולה במהירות קבועה של 15 מטרים לשנייה כלפי מעלה.
 בגובה של 150 מטרים הכדור משחרר שק חול.
 מצא כמה זמן ייקח לשק החול להגיע לקרקע.
 (רמז: מהירות הכדור לא נתונה ללא סיבה)

(7) אבן אחרי אבן

- אבן משוחררת ממנוחה מגובה של 60 מטרים. שתי שניות לאחר מכן נזרקת אבן נוספת כלפי מטה מאותו הגובה.
 באיזו מהירות יש לזרוק את האבן, על מנת ששתי האבנים יגיעו לקרקע באותו הזמן?

(8) אדם משחרר כדור מתוך מעלית**

- מעלית עולה מגובה הקרקע במהירות קבועה. בזמן T_1 אדם הנמצא במעלית משחרר כדור מתוך המעלית דרך חור שברצפת המעלית.
 הכדור מגיע לקרקע כעבור T_2 שניות.
 מצאו את גובה המעלית h בזמן T_1 .
 נתונים: T_1 ו- T_2 .

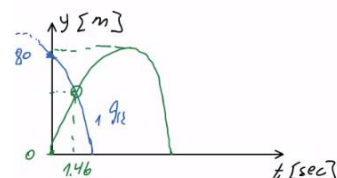
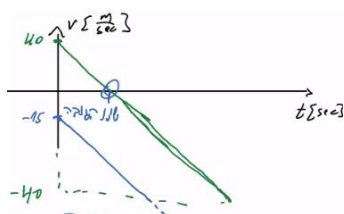
(9) ילד זורק כדור בקפיצה**

ילד מנסה לזרוק כדור לתקרה של הכיתה אך אינו מצליח להגיע עד לתקרה. המורה לפיזיקה שהבחין בניסיונותיו של הילד הציע לילד שיזרוק את הכדור תוך כדי קפיצה בכיוון מעלה.

- א. האם המורה צודק? לאיזה גובה יגיע הכדור אם הילד קופץ ומיד זורק את הכדור כלפי מעלה? הניחו שמהירות הקפיצה של הילד היא v_1 ומהירות הזריקה של הכדור v_2 ביחס לילד היא אותו הדבר. הניחו שזריקת הכדור לא משפיעה על הילד.
- ב. בטאו את ההעתק של הילד ושל הכדור כפונקציה של הזמן בו הילד זורק את הכדור.

תשובות סופיות:

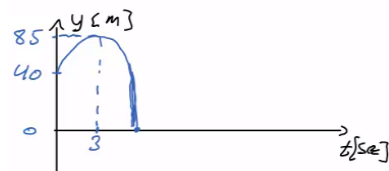
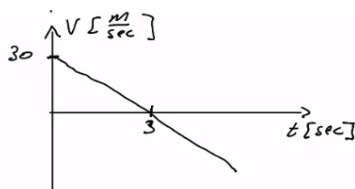
- (1) א. 2sec ב. 20m ג. 25.8sec ד. 7.29sec
- (2) א. $60 \frac{m}{sec}$ ב. 480m ג. 25.8sec ד. $\approx -98 \frac{m}{sec}$
- (3) א. גוף 1: $y_1(t) = 80 + (-15)t - 5t^2$, גוף 2: $y_2(t) = 40t - 5t^2$ ב. 80m
ג. $y_2(t=1.45) \approx 47.74m$
ד. גוף 1: $v_1(t) = -15 - 10t$, גוף 2: $v_2(t) = 40 - 10t$
ה. גוף 1: $-29.6 \frac{m}{sec}$, גוף 2: $25.4 \frac{m}{sec}$. ו. גוף 1: $-42.72 \frac{m}{sec}$, גוף 2: $-40 \frac{m}{sec}$.
ז. מיקום-זמן (גוף 1 בכחול, גוף 2 בירוק): מהירות-זמן:



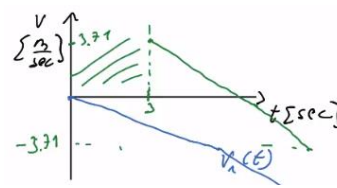
- (4) א. מקום-זמן: $y(t) = 40 + 30t - 5t^2$, מהירות-זמן: $v(t) = 30 - 10t$
תאוצה-זמן: $a = -10$.
ב.

זמן (בשניות)	מהירות (מטרים לשנייה)	מקום (במטרים)
0	30	40
1	20	65
2	10	80
3	0	85
4	-10	80
5	-20	65

ג. מקום-זמן: מהירות-זמן: תאוצה-זמן:



- (5) א. כדור 1: $y_1(t) = 70 - 5t^2$, כדור 2: $y_2(t) = 0 + v_0(t-3) - 5(t-3)^2$
ב. $v_0 \leq 3.71$ ג. כדור 1: $v_1(t) = -10t$, כדור 2: $v_2(t) = 3.71 - 10(t-3)$
ד. כדור 1: $v_1(t=3.74) = -37.4 \frac{m}{sec}$, כדור 2: $v_2(t=3.74) \approx -3.69 \frac{m}{sec}$



ה. שרטוט:

$$t \approx 7.18 \text{ sec} \quad (6)$$

$$v_0 \approx 33.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (7)$$

$$h = \frac{gT_2^2}{2\left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right)} \quad (8)$$

$$(9) \quad \text{א. המורה צודק, } y = \frac{(v_1 + v_2)^2}{2g} \quad \text{ב. ילד: } v_1 \cdot t - \frac{1}{2}gt^2, \text{ כדור: } \frac{(v_1 + v_2)^2}{2g} - v_2 t_0$$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 6 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים

1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי 57
2. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי 66
3. חוק שני של ניוטון 70
4. הכוח האלסטי- קפיץ 85

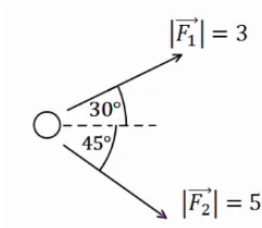
הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

שאלות:

דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

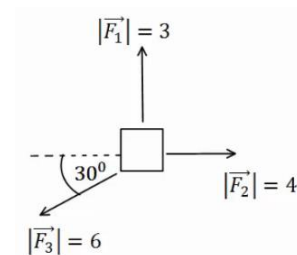
(1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



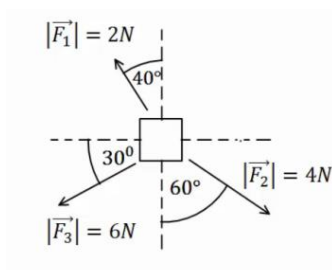
(2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



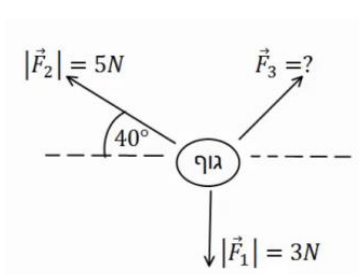
(3) דוגמה 3

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



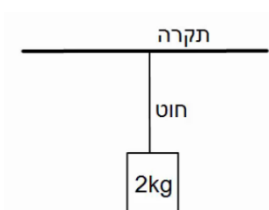
(4) דוגמה 4

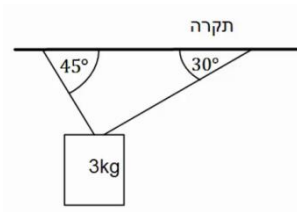
באיור הבא נתונים הכוחות $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



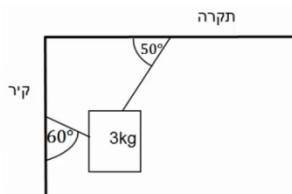
(5) דוגמה 5

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד. מהי המתח בחוט אם מסת הגוף היא 2 ק"ג?

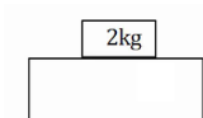


6 דוגמה 6

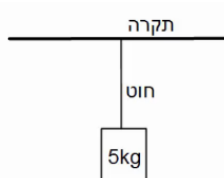
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים, לפי האיור הבא.
מהי המתחיות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

7 דוגמה 7

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט ומחובר לקיר המאונך לתקרה באמצעות חוט נוסף (הסתכל באיור).
מהי המתחיות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

8 דוגמה 8

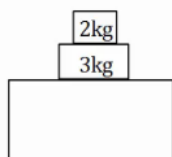
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.
א. שרטט תרשים כוחות על המסה.
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

9 דוגמה 9

מסה של 5 ק"ג תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.
א. מהי המתחיות בחוט?
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה התקרה על החוט?

10 דוגמה 10

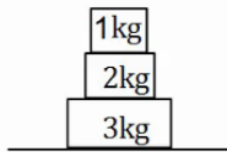
דני ויוסי מושכים בחבל משני צידיו, כל אחד מהם מושך בכוח של 50 ניוטון.
מהי המתחיות בחבל?

11 דוגמה 11

במערכת הבאה ישנה מסה של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על שולחן.
על המסה מונחת מסה נוספת של 2 ק"ג.
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.
ב. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה העליונה.
ג. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה התחתונה מהשולחן.
ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.

12 דוגמה 12

שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בצור.

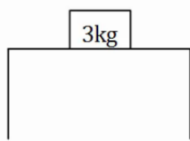


א. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה המסה הכי תחתונה על המסה מעליה?

ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה הרצפה על המסה הכי תחתונה?

חיכוך:**13 גוף על שולחן**

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.



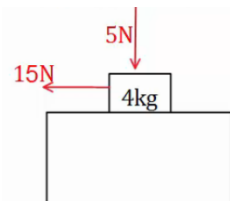
א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

כוח אופקי בגודל 10 ניוטון פועל על הגוף ימינה.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

14 כוח מלמעלה

גוף בעל מסה של 4 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. כוח אנכי בגודל של 5 ניוטון לוחץ את הגוף כלפי השולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.



א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

כוח אופקי בגודל 15 ניוטון פועל על הגוף שמאלה.

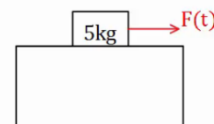
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

15 כוח תלוי בזמן

גוף בעל מסה של 5 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.

כוח אופקי התלוי בזמן $F(t) = 2 \cdot t^2$ פועל על הגוף ימינה.

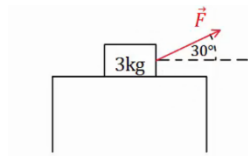
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.



א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

ב. מתי יתחיל הגוף בתנועה?

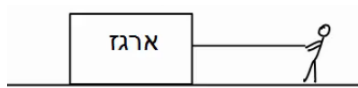
ג. שרטט גרף של החיכוך הסטטי כתלות בזמן.

16) כוח בזווית

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזווית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

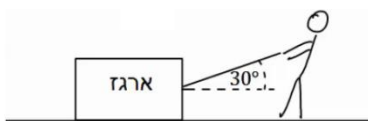
א. מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל
כך שהגוף ישאר במנוחה?

ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

17) דני מושך במקביל לקרקע

דני מושך ארגז במקביל לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם
החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל דני, אם הארגז נע במהירות קבועה.

18) ירון מושך בזווית

ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית
של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך
הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

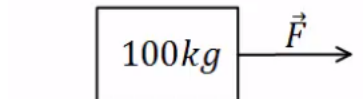
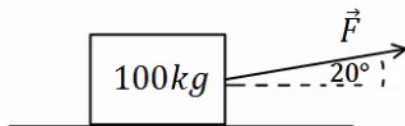
19) כוח בכמה כיוונים

מצא מה גודל הכוח הדרוש להזיז את הארגז במהירות קבועה בכל אחד
מהמקרים הבאים.

מסת הארגז היא 100 ק"ג ומקדם החיכוך של הארגז עם הרצפה הוא: $\mu_k = 0.4$.

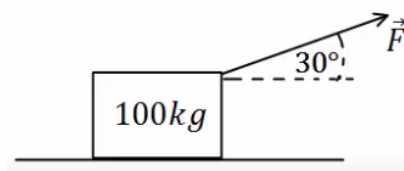
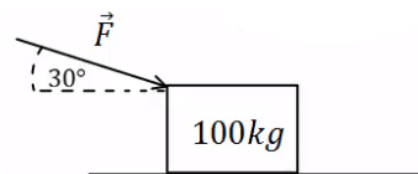
א. כוח מושך אופקי

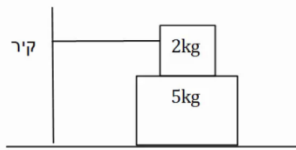
ב. כוח מושך בזווית של 20°



ג. כוח מושך בזווית של 30°

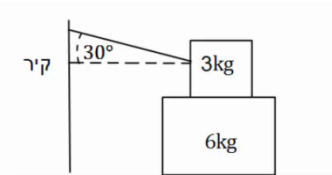
ד. כוח דוחף בזווית של 30° מתחת לאופק



**(20) מסה על מסה קשורה לקיר**

מסה של 2 ק"ג מונחת מעל מסה של 5 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה
למשטח הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

- מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
- מה המתיחות בחוט, אם הכוח הוא אותו כוח שחישבת בסעיף א'?
- מה הכוח אותו יש להפעיל על מנת למשוך את המסה התחתונה במהירות קבועה? הנח שהמסה כבר בתנועה.

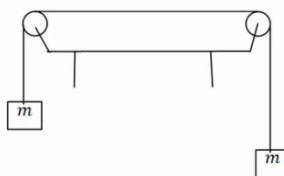
**(21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית**

מסה של 3 ק"ג מונחת מעל מסה של 6 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$.

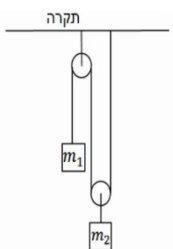
- מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?
- מהי המתיחות בחוט, אם גודל הכוח הינו זהה לערך אותו חישבת בסעיף א'?

(22) שתי משקולות תלויות על שולחן

שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק"ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן. המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.



- מהי המתיחות בחוט?
- מהו הכוח (גודל וכיוון) שמפעיל המוט המחובר את הגלגלת לשולחן עבור כל גלגלת?
- האם היה שינוי בתשובתך לסעיפים הקודמים במידה והמסות היו נעות במהירות קבועה לאחד הכיוונים?

**(23) יחס מסות**

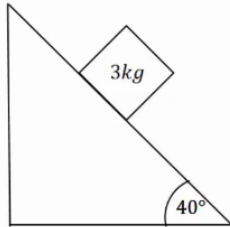
שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

א. מצא את היחס בין המסות: $\left(\frac{m_1}{m_2} = ?\right)$.

- מצא את המתיחות בכל חוט במערכת, אם ידוע ש: $m_2 = 40\text{gr}$.

המישור המשופע:

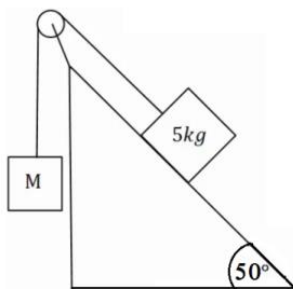
24) מסה בשיפוע



מסה של 3 ק"ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

- שרטט תרשים כוחות לבעיה.
- מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

25) מסה בשיפוע ומסה באוויר



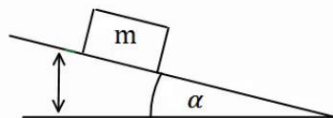
מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

- מצא את גודלה של המסה M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה כאשר אין חיכוך בבעיה.

כעת נתון שבין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

- מצא מה הוא גודלה המקסימלי והמינימלי האפשרי של M, על מנת שהמערכת תשאר במנוחה.

26) זווית החלקה



מסה m מונחת על מישור משופע ונמצאת במנוחה. מגדילים את זווית השיפוע של המישור בקצב איטי.

- מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק

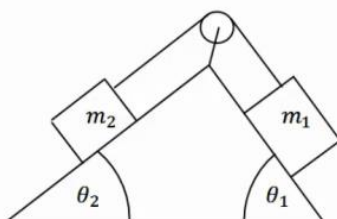
אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.

תרגול בפרמטרים.

- פתור את סעיף א' שוב כאשר מקדם החיכוך נתון כפרמטר μ_s ללא ערך מספרי.

- חשוב על דרך כללית למדידת מקדם החיכוך הסטטי של גוף עם משטח כלשהו.

27) שתי מסות שני שיפועים



במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו,

זוויות השיפוע הן θ_1, θ_2 . שתי מסות שונות m_1, m_2

מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.

נתון: θ_1, θ_2, m_1 וכי המערכת נמצאת במנוחה.

מצא את m_2 .

28) שתי מסות שני שיפועים וחיכוך

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו,

זוויות השיפוע הן: θ_1, θ_2 .

שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון.

המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי,

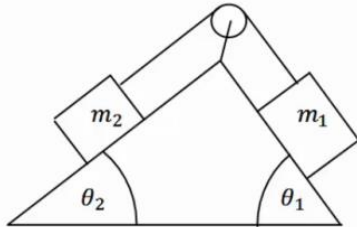
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.

בין המסות למדרון קיים חיכוך.

המסות נעות במהירות קבועה עם כיוון השעון.

נתון: $\mu_k, \theta_1, \theta_2, m_1$.

מצא את m_2 .



תשובות סופיות:

$$\sum \vec{F} = (6.14, -2.04) \quad (1)$$

$$\sum \vec{F} = (-1.20, 0) \quad (2)$$

$$\sum F_x = -3.03\text{N}, \quad \sum F_y = -3.47\text{N} \quad (3)$$

$$\text{גודל: } |\vec{F}| \approx 3.84\text{N}, \quad \text{כיוון: } \theta_{F3} = -3.14^\circ \quad (4)$$

$$T = 20\text{N} \quad (5)$$

$$T_1 = 21.96\text{N}, \quad T_2 \approx 26.90\text{N} \quad (6)$$

$$T_1 \approx 26.30\text{N}, \quad T_2 \approx 19.48\text{N} \quad (7)$$

$$\text{א. גודל: } N = 20, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה.} \quad (8)$$

$$\text{ג. גודל: } N = 20, \quad \text{כיוון: כלפי מטה.}$$



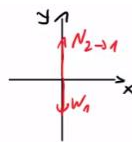
$$\text{א. } T = 50\text{N} \quad \text{ב. גודל: } T = 50\text{N}, \quad \text{כיוון: מטה.} \quad (9)$$

$$\text{ג. גודל: } |\vec{F}| = 50, \quad \text{כיוון: מעלה.}$$

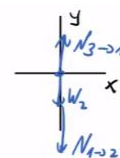
$$T = 50\text{N} \quad (10)$$

$$\text{ג. } N_{32} = 50$$

$$\text{ב. } N_{21} = 20$$



m_1 $\vec{F}$



$$\text{א. } (11)$$

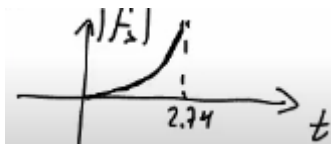
$$\text{ד. } N_{23} = 50\text{N}\hat{y}$$

$$\text{א. גודל: } N_{32} = 30\text{N}, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה. ב. גודל: } N_{43} = 60\text{N}, \quad \text{כיוון: כלפי מעלה.} \quad (12)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 12\text{N} \quad \text{ב. } \vec{f}_s = -10\hat{x} \quad (13)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 18\text{N} \quad \text{ב. } \vec{f}_s = -15\hat{x}_N \quad (14)$$

$$\text{א. } f_{s\max} = 15\text{N} \quad \text{ב. } t = 2.74\text{sec} \quad (15)$$



$$\text{א. } F_{\max} = 8.858\text{N} \quad \text{ב. } f_s = 4.330\text{N} \quad (16)$$

$$F_{\text{Dani}} = T = 40\text{N} \quad (17)$$

$$T \approx 41.41\text{N} \quad (18)$$

$$\text{א. } F = 400\text{N} \quad \text{ב. } F \approx 371.57\text{N} \quad \text{ג. } F = 375.23\text{N} \quad \text{ד. } F = 600.58\text{N} \quad (19)$$

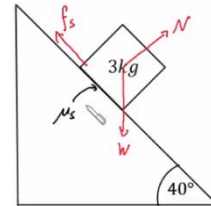
(20) א. $F_{\max} = 27\text{ N}$ ב. $T = 6\text{ N}$ ג. $F = 18\text{ N}$

(21) א. $F_{\max} = 33.34\text{ N}$ ב. $T = 8.86\text{ N}$

(22) א. $T = 40\text{ N}$ ב. $\theta = 45^\circ$, $F = 56.57\text{ N}$ ג. לא.

(23) א. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$ ב. $T_2 = 0.4\text{ N}$, $T_1 = 0.2\text{ N}$

(24) א. ב. $f_s = mg \cos 50^\circ \approx 19.28\text{ N}$, $N \approx 22.98\text{ N}$



(25) א. $M = 3.83\text{ kg}$ ב. $M_{\max} = 4.79\text{ kg}$, $M_{\min} = 2.87\text{ kg}$

(26) א. $\alpha = 11.31^\circ$ ב. $\alpha = \arctan(\mu_s)$ ג. ראה סרטון.

(27) $m_2 = m_1 \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

(28) $m_2 = m_1 \left(\frac{-\mu_k \cos \theta_1 + \sin \theta_1}{\sin \theta_2 + \mu_k \cos \theta_2} \right)$

תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

שאלות:

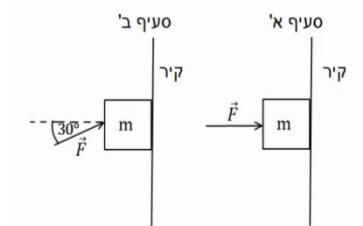
(1) מסה מוצמדת לקיר

ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי.

מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא: 0.3.

א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה?

ב. חזור על סעיף א' עבור המקרה בו הכוח פועל בזווית של 30° כלפי מעלה ביחס לאופק.



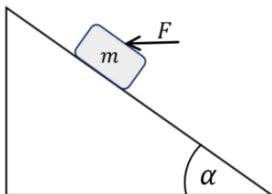
(2) כוח אופקי מני ומקס על מסה בשיפוע

מסה: $m = 2\text{ kg}$ מונחת על מדרון משופע בעל זווית: $\alpha = 37^\circ$.

מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא: $\mu_s = 0.15$.

כוח אופקי F פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה.

מהו F המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה?



(3) קופסה עם כוח לא ידוע

קופסה בעלת מסה של 5 ק"ג מונחת על משטח אופקי.

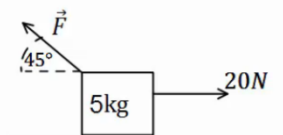
כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל

לציר ה- x . בין המשטח לקופסה קיים חיכוך, מקדם

החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של 45° .

מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.



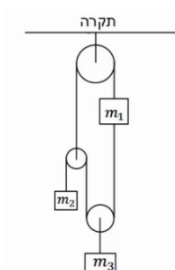
(4) מערכת גלגלות

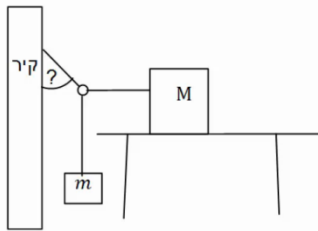
במערכת הבאה כל הגלגלות והחוטים אידיאליים.

המסות m_1, m_2 נתונות.

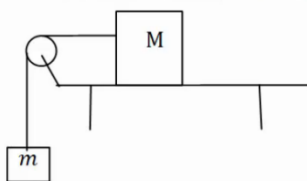
מצא את m_3 ואת המתחויות בכל חוט, אם ידוע כי כל

המערכת נמצאת במנוחה.

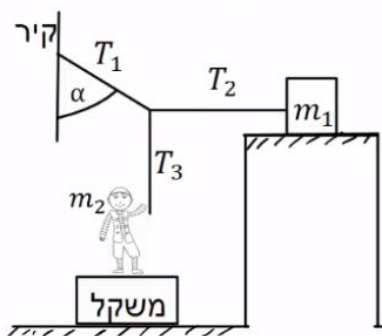


**(5) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר**

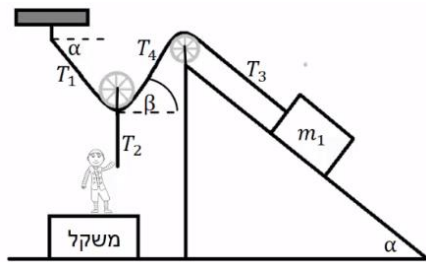
קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
 הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה.
 מסה m תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת
 ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר.
 ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה M לשולחן
 הוא: μ_s , וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ"ל מקסימלי.
 מצא את המתיחות בכל חוט ואת הזווית בה מחובר החוט לקיר,
 אם: M, m, μ_s נתונים.

**(6) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על השולחן**

קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
 הקופסה קשורה בחוט אידיאלי ודרך גלגלת
 אידיאלית לקופסה נוספת בעלת מסה m התלויה באוויר.
 בין השולחן לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הסטטי אינו ידוע.
 א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי,
 אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.
 ב. מהו הכוח שמפעיל המוט המחזיק את הגלגלת על הגלגלת?
 ג. מהו הכוח הכולל הפועל על השולחן מהמערכת (מסות והמוט שמחזיק
 את הגלגלת)?
 ד. מהו הכוח הנורמלי ומהו כוח החיכוך הפועלים על השולחן מהרצפה?
 (התייחס למסת השולחן כנתונה).

(7) נער מושך בחוטים

מסה m_1 מונחת על משטח אופקי לא חלק.
 נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_3 , כך
 שהמסה m_1 על סף תנועה. הנער עומד על משקל.
 נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 30^\circ$, $m_2 = 50\text{kg}$.
 החוט T_2 אופקי ו- T_3 אנכי.
 הוראת המשקל היא: 450N .
 א. חשב את המתיחות בחוטים: T_1 , T_2 ו- T_3 .
 ב. חשב את ערכה של מסה m_1 .

(8) נער מושך בחוטים שוב

מסה m_1 מונחת על משטח משופע לא חלק.

נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_2 .

החוט T_2 מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה. הנער עומד על משקל.

נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 40^\circ$, $m_1 = 80\text{kg}$, $m_2 = 60\text{kg}$.

החוט T_2 מאונך ו- T_3 מקביל למדרון.

הוראת המשקל היא: 120N .

א. חשב את הזווית β (הזווית בין החוט לאופק).

ב. חשב את המתוחות בחוטים: T_1, T_2, T_4 .

ג. מצא את גודלו וכיוונו של כוח החיכוך בין m_1 למדרון.

(9) נער מושך בעגלה הקשורה למשקולת

בתרשים שלפניך מוצגת מערכת.

אדם מושך עגלה שמסתה $m_1 = 15\text{kg}$ באמצעות חוט.

החוט בזווית $\alpha = 30^\circ$ עם הציר האופקי, ראה תרשים. החיכוך בין העגלה למשטח ניתן להזנחה.

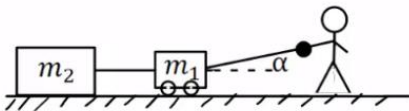
לעגלה מחוברת משקולת $m_2 = 25\text{kg}$.

מקדם החיכוך בין המשקולת למשטח שווה $\mu_k = 0.2$.

מערכת הגופים נעים במהירות קבועה.

א. מהי המתוחות בחוט בין העגלה למשקולת?

ב. מהו הכוח שהאדם מושך את מסה m_1 ?

**(10) אדם הולך על קרש על מישור משופע ****

קרש שמסתו M מונח על מישור משופע חלק הנטוי בזווית θ .

אדם שמסתו: $m = 0.4M$ הולך על גבי הקרש.

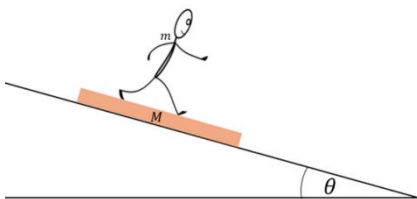
בין האדם לקרש קיים חיכוך. הניחו שהכוח שמפעיל האדם על הקרש קבוע ושהמישור מקובע.

א. באיזה כיוון צריך האדם ללכת כך שהקרש יישאר במנוחה?

ב. מה צריכה להיות תאוצת האדם בסעיף א?

ג. מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי המאפשר את המצב בסעיף א? (בהליכה החיכוך עם המשטח הוא סטטי למרות שיש תנועה)

ד. האדם משנה את הליכתו כך שעכשיו הוא נשאר במקום ביחס לקרקע והקרש נע ביחס לקרקע. מה כיוון הליכתו של האדם ומהי תאוצת המשטח במקרה זה?



תשובות סופיות:

$$(1) \quad F_{\min} = 66.67 \text{ N} \quad \text{א.} \quad F \geq 26.32 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad F_{\min} = 10.8 \text{ N}, F_{\max} = 20.4 \text{ N}$$

$$(3) \quad F \approx 17.68 \text{ N}$$

$$(4) \quad T_1 = (m_1 + m_2)g, T_2 = m_2g, T_3 = 2m_2g, T_4 = 2(m_1 + m_2), m_3 = 2m_2$$

$$(5) \quad \cot \alpha = \frac{m}{\mu_s M}$$

$$(6) \quad \mu_{s_{\min}} = \frac{m}{M} \quad \text{א.} \quad F = \sqrt{2}mg \quad \text{ב.} \quad \sum F_y = (-M + m)g \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד.} \quad N = -\sum F_y = (M + m)g + \tilde{M}g$$

$$(7) \quad m_1 = 14.5 \text{ kg} \quad \text{ב.} \quad T_1 = 57.7 \text{ N}, T_2 = 28.9 \text{ N}, T_3 = 50 \text{ N} \quad \text{א.}$$

$$(8) \quad \beta = 40^\circ \quad \text{א.} \quad T_2 = 480 \text{ N}, T_1 = T_4 \approx 373 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

$$\text{ג.} \quad f_s = 141 \text{ N}, \text{ כיוון: במעלה המדרון.}$$

$$(9) \quad T_2 = 50 \text{ N} \quad \text{א.} \quad T_1 = 57.7 \text{ N} \quad \text{ב.}$$

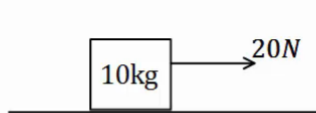
$$(10) \quad \text{א. במורד המישור.} \quad \frac{7}{2}g \sin \theta \quad \text{ב.} \quad \mu_{s_{\min}} = \frac{\tan \theta}{0.4} \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד. במעלה המישור.} \quad a = 1.4g \sin \theta$$

חוק שני של ניוטון:

שאלות:

(1) דוגמה 1



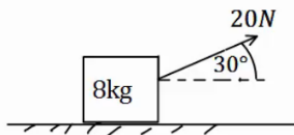
כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.

אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

א. מצא את תאוצת הארגז.

ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה, אם נתון שהארגז התחיל תנועתו ממנוחה?

(2) דוגמה 2



כוח של 20 ניוטון פועל בזווית של 30 מעלות מעל האופק.

הכוח מופעל על ארגז בעל מסה של 8 ק"ג.

הארגז נמצא במנוחה ונתון כי בין הארגז לרצפה

קיים חיכוך.

מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי הם: $\mu_s = 0.2, \mu_k = 0.1$.

א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.

ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה?

ג. חזור על הסעיפים אם הכוח היה בזווית של 70 מעלות.

(3) מרחק עצירה

דני נוסע במכוניתו במהירות של 54 קמ"ש, ולפתע הוא מבחין כי רמזור הנמצא 50 מטרים לפניו הופך לאדום. דני לוחץ על הבלמים ומתחיל בעצירה.

מקדם החיכוך הקינטי בין הגלגלים לרצפה הוא: $\mu_k = 0.3$.

הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?

ב. בדוק שוב האם דני יספיק לעצור, אך הפעם הוסף זמן תגובה של שנייה אחת (הזמן מהרגע שבו דני מבחין באור עד אשר הוא לוחץ על הבלמים).

(4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.

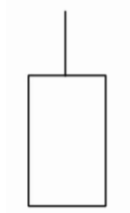
ברגע $t = 0$ מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של 10N.

המסה מתחילה לנוע בהשפעת הכוח במשך 4 שניות, ואז נפסק הכוח בפתאומיות.

מקדם החיכוך הקינטי בין המסה לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

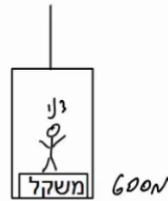
א. מה המרחק אותו עבר הגוף עד ל- $t = 4\text{sec}$?

ב. מהו המרחק הכולל אותו עבר הגוף עד לעצירתו שוב?

(5) כוחות על מעלית

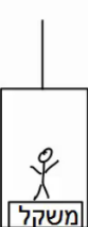
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשנייה בריבוע, באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

- שרטט תרשים כוחות על המעלית.
- הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.
- שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.
- מהי המתיחות בכבל?

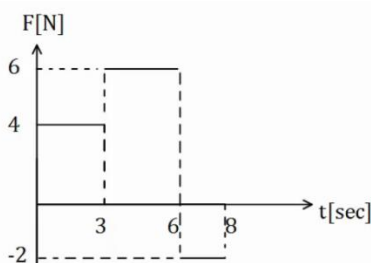
(6) משקל במעלית

דני מודד את משקלו בתוך מעלית. משקלו כאשר המעלית במנוחה הוא 600 ניוטון.

- מהי מסתו של דני?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?
- מה יראה המשקל אם המעלית עולה בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

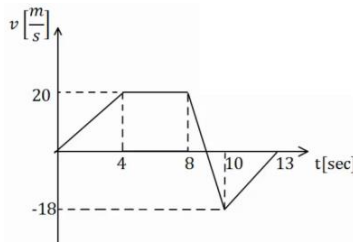
(7) עוד משקל במעלית

יוסי נמצא במעלית ומודד את מסתו באמצעות משקל. יוסי מודד פעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מעלה של 3 מטרים לשנייה בריבוע, ופעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מטה של 1 מטר לשנייה בריבוע. ההפרש בין המדידות הוא 12 ק"ג. מהי מסתו האמיתית של יוסי?

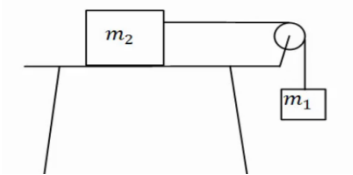
(8) גרפים 1

בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

- מצא את תאוצת הגוף כתלות בזמן אם מסת הגוף היא 5 ק"ג.
- מצא את מהירות הגוף כתלות בזמן אם מהירותו ההתחלתית היא: $v_0 = 0$.
- מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0 = 0$.

**9) גרפים 2**

גוף בעל מסה של 3 ק"ג נע לאורך קו ישר. מהירות הגוף כתלות בזמן נתונה לפי הגרף הבא. מצא את שקול הכוחות הפועל על הגוף בכל רגע, ושרטט גרף של השקול כתלות בזמן.

10) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה

במערכת הבאה המסה $m_2 = 5\text{ kg}$ נמצאת על שולחן אופקי ומחוברת דרך חוט אידיאלי למסה התלויה באוויר m_1 . בין השולחן ל- m_2 קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.3$, $\mu_k = 0.2$.

המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: 3 m .

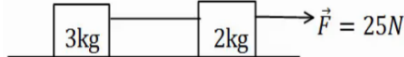
א. מצא את גודלה המינימלי של m_1 , עבורה המערכת תהיה בתנועה.

ב. הנח שגודלה של m_1 כפול מזה שחישבת בסעיף הקודם.

מהן תאוצות המסות?

ג. כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?

ד. מהן מהירויות המסות ברגע זה?

11) כוח מושך מסה שמושכת מסה

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן. כוח אופקי של 25 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

א. מצא את תאוצות המסות ואת המתרחות בחוט אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח, ומקדם החיכוך

הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

12) כוח מושך מסה שמושכת מסה שמושכת מסה

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות

חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.

המסה השנייה מחוברת למסה של 4 ק"ג בצורה דומה.

כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

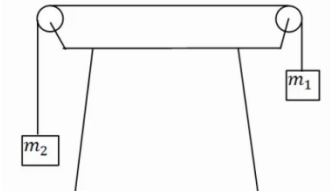
א. מצא את תאוצות המסות ואת המתרחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

ב. חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח ומקדם

החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

13 שתי מסות תלויות

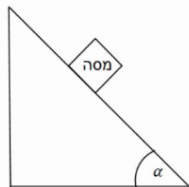
במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות.
המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא: 2m .



- שרטט תרשים כוחות עבור כל מסה.
- חשב את תאוצת הגופים.
- לאיזה כיוון תתחיל המערכת לנוע?
- כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?
- מהי מהירות המסות ברגע זה?

14 מדרון משופע בסיסי

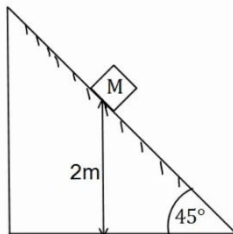
מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית α .
אין חיכוך בין המסה למדרון.



- שרטט תרשים כוחות על המסה.
- בטא את תאוצת המסה באמצעות הזווית.
- רשום משוואת מיקום-זמן ומהירות-זמן של המסה.

15 מדרון משופע עם חיכוך

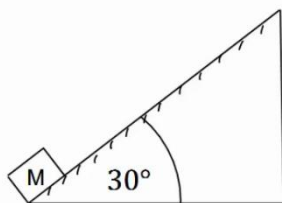
מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2m מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45° מעלות ומקדמי החיכוך
הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_s = 0.2$, $\mu_k = 0.1$.



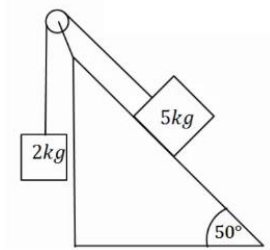
- האם המסה תתחיל להחליק או תישאר במנוחה?
- מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון.
- מהי מהירותה ברגע זה?

16 מסה נזרקת במעלה המדרון

מסה M נזרקת במעלה מדרון משופע במהירות התחלתית של: $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
זווית המדרון היא 30° מעלות. מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה
למדרון הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.



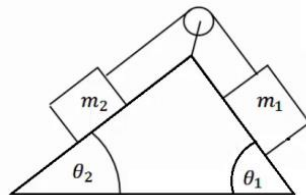
- מצא את תאוצת המסה.
- רשום משוואת מיקום-זמן עבור תנועת המסה.
- מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
- האם המסה תיעצר בשיא הגובה?
- כמה זמן ייקח למסה לחזור לתחתית המדרון מהרגע שבו התחילה תנועתה?

**17) מסה בשיפוע ומסה תלויה**

מסה של 5 ק"ג מונחת על מדרון משופע בעל זווית שיפוע של 50 מעלות. המסה מחוברת דרך חוט אידיאלי למסה של 2 ק"ג התלויה באוויר. אין חיכוך בין המסה למדרון. א. לאיזה כיוון תנוע המערכת? ב. מצא את תאוצת המערכת.

כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי או קינטי?
ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

**18) שתי מסות שני שיפועים 2**

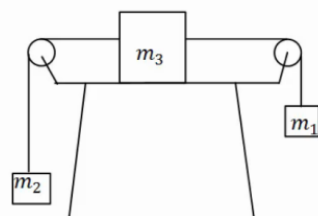
במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן: θ_1 , θ_2 .

שתי מסות שונות m_1 , m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המסות למדרון. נתון: $\theta_1 = 45^\circ$, $\theta_2 = 30^\circ$, $m_1 = 2\text{ kg}$, $m_2 = 4\text{ kg}$.

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?
ב. מצא את תאוצת המערכת.

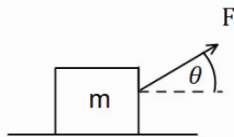
כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

ג. לאיזה כיוון יפעל החיכוך והאם החיכוך סטטי או קינטי?
ד. מצא שוב את תאוצת המערכת.

**19) מסה על שולחן ושתי מסות תלויות**

מסה m_3 מונחת על שולחן במנוחה. המסה קשורה משני צידיה לחוטים אידיאליים. כל חוט עובר דרך גלגלת ומחובר למסה שונה התלויה באוויר (ראה איור). הנח שהמסות לא פוגעות ברצפה. נתון: $m_1 = 14\text{ kg}$, $m_2 = 2\text{ kg}$, $m_3 = 4\text{ kg}$.

א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין m_3 לשולחן.
כעת הנח שיש חיכוך בין m_3 לשולחן ומקדמי החיכוך הם: $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.
ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?
ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

20) זווית אופטימלית למשיכה

כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק. מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא μ_k .

א. מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.

(הנח כי יש תנועה והארגז לא מתרומם מעל הקרקע).

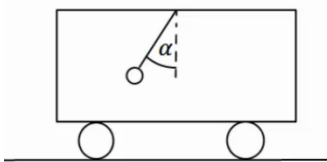
ב. הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3.

בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה

ביותר: $\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$.

ג. מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית.

השתמש בנגזרת.

21) מטוטלת במכונית

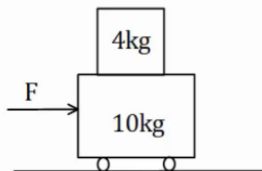
מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.

המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה α ,

ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

22) מסה של 4 על עגלה של 10

מסה של 4 ק"ג מונחת מעל עגלה בעלת מסה של 10 ק"ג.

החיכוך בין העגלה למשטח זניח.

מקדם החיכוך הסטטי בין המסה לעגלה הוא: $\mu_s = 0.2$.

כוח אופקי F מופעל על המסה התחתונה ימינה.

מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל כך שהמסה העליונה

לא תחליק על העגלה.

23) מסה מחליקה על עגלה

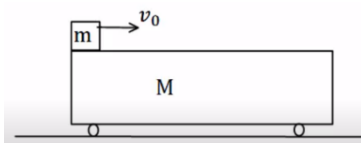
מסה m מונחת מעל עגלה בעלת מסה M הנמצאת במנוחה.

המסה מונחת בקצה השמאלי של העגלה.

נותנים למסה העליונה בלבד מהירות התחלתית v_0 .

בין המסה לגג העגלה קיים חיכוך והחיכוך בין

העגלה למשטח זניח.



נתון: $\mu_k = 0.2$, $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $M = 12\text{kg}$, $m = 3\text{kg}$.

א. מצא את הביטוי למיקום ולמהירות של המסה כתלות בזמן.

ב. מצא את הביטוי למיקום והמהירות של העגלה כתלות בזמן.

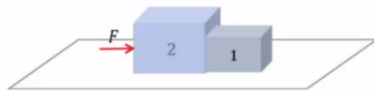
ג. מהי המהירות הסופית של שני הגופים בהנחה שהמסה לא נופלת מהעגלה?

(24) מסה צמודה למשאית

מסה m מונחת בצמוד לחלקה הקדמי של משאית.
בין המסה למשטח קיים חיכוך. נתון: μ_s, m .
מהי התאוצה המינימלית הדרושה למשאית על מנת
שהמסה לא תיפול?

(25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות

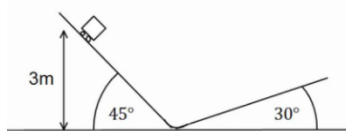
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן: $m_1 = 3\text{ kg}$ ו- $m_2 = 5\text{ kg}$. כוח אופקי
דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16\text{ N}$. חשב את:



- התאוצה של כל תיבה.
- הכוח הנורמלי $N_{1 \rightarrow 2}$ שבו התיבה הראשונה דוחפת את השנייה.
- הכוח הנורמלי $N_{2 \rightarrow 1}$ שבו התיבה השנייה דוחפת את הראשונה.

(26) קופסה בין מדרונות

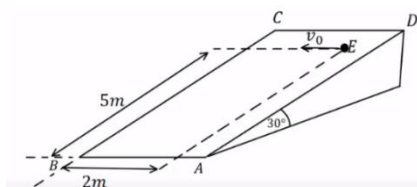
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45° מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 m מטרים
ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת
למדרון משופע אחר בעל זווית של 30° מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל
מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.



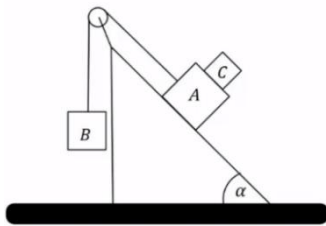
- מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני?
נחש מה יקרה לאחר מכן.
- חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים
וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח. מקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.

(27) זריקה אופקית על מישור משופע

מישור משופע חלק ABCD יוצר זווית של 30° מעלות עם הקרקע.
הנקודה E נמצאת במרחק 5 m מהצלע AB ובמרחק 2 m מהצלע BC.
מן הנקודה E נזרק כדור קטן על הלוח במהירות
התחלתית v_0 שכיוונה מקביל לצלע AB.

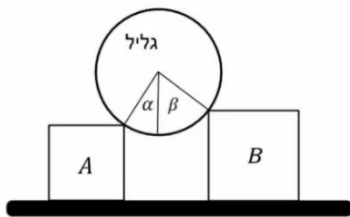


- צייר מערכת צירים ורשום את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח בכל ציר.
- מהי צורת המסלול של הכדור על הלוח?
- מצא את v_0 עבורה הכדור יגיע בדיוק לנקודה B.
- מהי מהירות הכדור בנקודה B עבור ה- v_0 שמצאת בסעיף ג'.

**28) גוף על גוף במישור משופע**

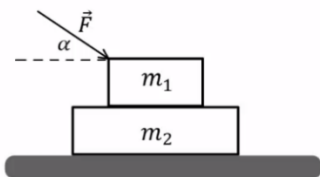
גוף A בעל מסה m_A וגוף B בעל מסה m_B מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית α . גוף C בעל מסה m_C מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא μ_s . הבא את התשובות באמצעות: m_A, m_C, α, μ_s .

- מהי המסה המרבית של גוף B כך שגוף C וגוף A ינועו יחדיו במעלה המישור?
- מהי תאוצת הגופים והמתיחות בחוט אם המסה של גוף B היא זאת שמצאת בסעיף א' (או טיפה קטנה ממנה)?
- מהן תאוצות הגופים אם המסה של גוף B גדולה מזו שמצאת בסעיף א' ומקדם החיכוך הקינטי הוא μ_k ?

**29) גליל על שני ארגזים**

גליל אחיד שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$ ו- $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך. כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים רדיוסי הגליל הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של $\alpha = 30^\circ$ ו- $\beta = 45^\circ$ עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: g, m .

- מה הכוח שמפעיל כל ארגז על הגליל?
- בהנחה שקיים אותו מקדם חיכוך בין הארגזים והמשטח, מהו גודלו המינימלי של מקדם החיכוך כך שהמערכת תישאר בשיווי משקל?

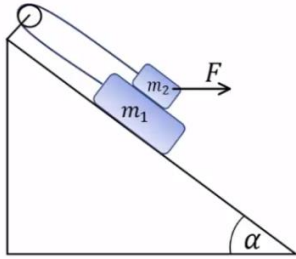
**30) כוח דוחף גוף על גוף**

שני גופים זהים שמסותיהם: $m_1 = m_2 = m$ מונחים זה על גבי זה על גבי שולחן אופקי חלק (ראה איור). בין הגופים קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הקינטי והסטטי הם: μ_s, μ_k . כוח חיצוני $\vec{F}$ מופעל על הגוף העליון בזווית α מתחת לאופק. הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים: $F, \alpha, m, g, \mu_s, \mu_k$.

- בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהי התאוצה המשותפת?
- בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהו גודלו של כוח החיכוך בין הגופים?
- מהו גודלו המקסימלי של $\vec{F}$ כך שהגופים ינועו יחדיו?
- נתון כי: $\mu_s = 0.2, \mu_k = 0.15, \alpha = 30^\circ$.

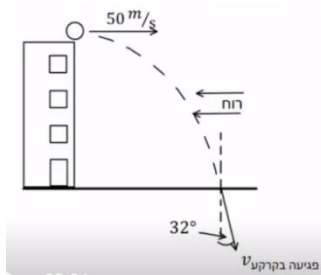
מצא את תאוצת כל גוף כאשר הכוח הדוחף הוא: $F = \frac{1}{2}mg$.

ה. חזור על סעיף ד' כאשר: $F = 3mg$.

31) מסה על מסה מחוברות בגלגלת

נתונה מערכת הכוללת שני גופים : $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 3\text{kg}$
 הגופים קשורים על ידי חוט וגלגלת אידאלית ומונחים
 על מישור משופע בעל זווית $\alpha = 30^\circ$.
 מקדמי החיכוך בין הגופים הם : $\mu_k = \mu_s = 0.4$.
 מקדמי החיכוך עם המישור הם : $\mu_k = \mu_s = 0.3$.
 כוח אופקי F פועל על m_2 .

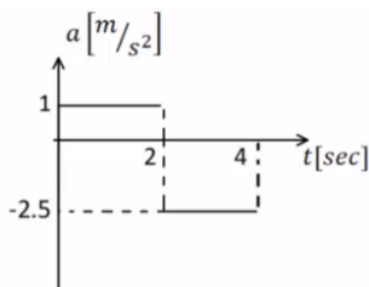
- א. מהו F המקסימלי כך שהגופים יישארו במנוחה?
 ב. אם $F = 40\text{N}$ מהי תאוצת הגופים?

32) זריקה אופקית בהשפעת רוח*

כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
 הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
 2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה
 כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
 מסת הכדור היא 500 גרם.

א. ענה :

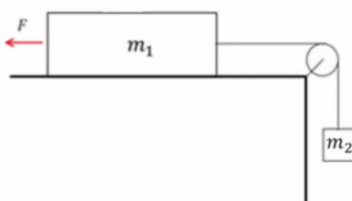
- האם הרוח משפיעה על הזמן שלוקח לכדור להגיע לקרקע?
 - האם הרוח משפיעה על מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע?
- ב. נתון שהחבילה פוגעת בקרקע בזווית של 32° מעלות עם האנך לקרקע.
- חשב את גודלו של הכוח F .
 - שרטט גרפים של רכיבי המהירות כתלות בזמן עד לפגיעה בקרקע.
- ג. מהי הסטייה של הכדור בפגיעתו בקרקע בעקבות הרוח?

33) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה וכוח*

המערכת שמתוארת בתרשים משוחררת ממנוחה
 ונעה ימינה. הזניחו את מסת החוט ואת כל כוחות
 החיכוך. כעבור 2 שניות נקרע החוט והכוח F
 ממשיך לפעול. נתון : $m_1 = 6\text{kg}$, $F = 15\text{N}$.
 הגרף באיור מתאר את התאוצה של m_1 כפונקציה
 של הזמן עבור 4 השניות הראשונות של התנועה.
 הכיוון החיובי הוא ימינה.

א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה :

- שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.
- רשמו את המיקום כתלות בזמן של m_1 .
- חשבו את m_2 ואת המתיחות בחוט.



- ב. האם m_1 שינתה את כיוון תנועתה במהלך 4 השניות הראשונות?
נמקו אם כן או לא. במידה וכן מצא את הזמן והמרחק בו התרחש השינוי.
- ג. שרטטו את המהירות כתלות בזמן עבור m_1 ב-4 השניות של התנועה.
- ד. אם המשטח לא היה חלק, מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי עבור המערכת הייתה נשארת במנוחה?



34 חבילת סיוע לצוות רפואי

מסוק נשלח להטיל מהאוויר חבילה המכילה ציוד חיוני לצוות רפואי שנמצא על הקרקע. מסת החבילה 15 ק"ג ובעת הטלתה המסוק

$$v_0 = 198 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

בגובה 90 מטר מעל הקרקע. 2 שניות אחרי תחילת נפילתה של החבילה החלה לנשוב רוח

שהפעילה על החבילה כוח אופקי F קבוע בכיוון המנוגד ל- v_0 . התייחסו לחבילה כאל גוף נקודתי.

הניחו כי פרט לכוח F האוויר אינו מפעיל שום כוח נוסף.

א. האם הרוח (המתבטאת כאן בכוח F קבוע שהחל לפעול 2 שניות לאחר תחילת התנועה) משפיעה על ערכם של:

i. הזמן שלקח לחבילה להגיע לקרקע? נמק.

ii. מהירות הפגיעה של החבילה בקרקע? נמק.

ב. חשבו את הכוח F אם נתון שהחבילה פגעה בקרקע בזווית 45 מעלות ממישור הקרקע האופקי.

ג. שרטטו במערכת צירים משותפת גרף מהירות-זמן של שני רכיבי מהירות החבילה v_x ו- v_y מרגע השחרור ועד הפגיעה בקרקע.

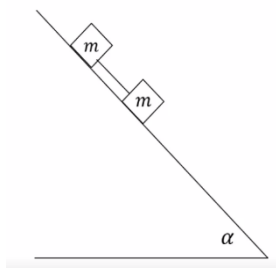
ד. בכמה מטרים הייתה מוסטת נקודת הפגיעה של החבילה בקרקע אילו לא נשבה רוח במהלך תנועתה?

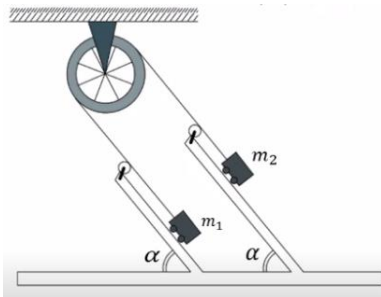
35 שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע

שני גופים בעלי מסה זהה m קשורים בחוט ונמצאים על מדרון משופע לא חלק בעל זווית α .

משחררים את הגופים ממנוחה והם מתחילים להחליק במורד המדרון. מקדם החיכוך הקינטי בין שני הגופים למשטח הוא μ_k .

מצאו את המתיחות בחוט במהלך התנועה.





36 מכונת אטווד משופעת

תלמידים בנו מכונת אטווד "משופעת".

שתי העגלות נעות ללא חיכוך על לוחות משופעים כשהן קשורות בחוט שעובר דרך גלגלת שמסתה זניחה. זווית השיפוע α ניתנת לשינוי.

מסות הגופים הן: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 6\text{kg}$.

בטאו תשובותיכם בסעיפים א', ב', ג' באמצעות α .

א. תלמידה מחזיקה את העגלה m_2 כך שלא תזוז.

מהי המתיחות בחוט?

ב. התלמידה משחררת את המסה m_2 .

מהי תאוצת הגופים ומהי המתיחות בחוט כעת?

ג. החוט יכול לשאת עומס מקסימאלי של 25N .

מהו הערך המירבי של α עבורו החוט לא ייקרע?

ד. בהנחה כי כעת מחובר חוט היכול לעמוד במתיחות גדולות מאוד,

מהי הזווית α עבורה תאוצת הגופים היא מקסימאלית?

ה. מדוע הגדלה נוספת של הזווית מעבר לזווית שמצאתם בסעיף ד', לא

תמשיך ותגדיל את תאוצת הגופים ולא את המתיחות בחוט?

הניחו בסעיפים ד' ו-ה כי המרחק בין הלוחות גם הוא גדול מאוד ביחס לאורך החוט.

תשובות סופיות:

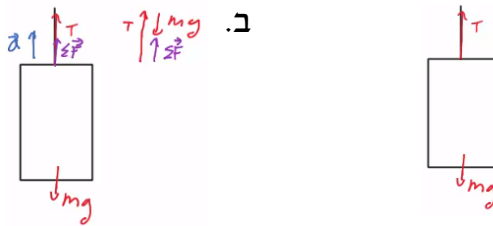
$$(1) \quad a_x = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad t = \sqrt{30} \text{ sec} \quad \text{ב.}$$

$$(2) \quad \text{א. הגוף לא יכול להיות במנוחה.} \quad \text{ב.} \quad t \approx 6.82 \text{ sec} \\ \text{ג. סעיף א': נשאר במנוחה, סעיף ב': אין משמעות.}$$

$$(3) \quad \text{א. כן, כי } \Delta x \approx 37.5 \text{ m} < 50 \text{ m} \quad \text{ב. לא, כי } \Delta x = 52.5 \text{ m} > 50 \text{ m}.$$

$$(4) \quad \text{א.} \quad x(t=4) = 24 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad x_F = 60 \text{ m}$$

$$(5) \quad \text{א.} \quad T = 6300 \text{ N} \quad \text{ג.} \quad \text{ב.} \quad T = 6300 \text{ N} \quad \text{ב.}$$



$$(6) \quad \text{א.} \quad m_{\text{Dani}} = 60 \text{ kg} \quad \text{ב. כמו סעיף א'.} \quad \text{ג.} \quad m_{\text{Dani}} = 78 \text{ kg}$$

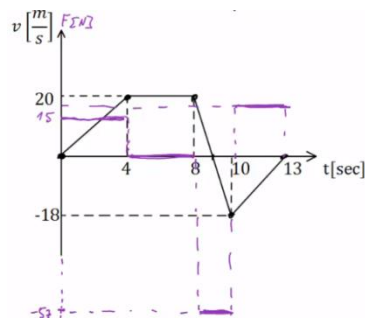
$$\text{ה.} \quad 0 \quad \text{ד.} \quad m_{\text{Dani}} = 42 \text{ kg}$$

$$(7) \quad m_{\text{Yossi}} = 30 \text{ kg}$$

$$(8) \quad v(t) = \begin{cases} \frac{4}{5}t & 0 \leq t \leq 3 \\ \frac{12}{5} + \frac{6}{5}(t-3) & 3 \leq t \leq 6 \quad \text{ב.} \\ 6 - \frac{2}{5}(t-6) & 6 \leq t \leq 8 \end{cases} \quad a = \begin{cases} \frac{4}{5} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0 < t < 3 \\ \frac{6}{5} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 3 < t < 6 \quad \text{א.} \\ -\frac{2}{5} & 6 < t < 8 \end{cases}$$

$$x(t) = \begin{cases} \frac{2}{5}t^2 & 0 \leq t \leq 3 \\ \frac{18}{5} + \frac{12}{5}(t-3) + \frac{1}{2} \cdot \frac{6}{5}(t-3)^2 & 3 \leq t \leq 6 \quad \text{ג.} \\ \frac{81}{5} + 6(t-6) + \frac{1}{2} \left(-\frac{2}{5} \right) (t-6)^2 & 6 \leq t \leq 8 \end{cases}$$

$$(9) \quad \text{שקול הכוחות: } \sum F = 18 \text{ N}, \quad \text{גרף:}$$



(10) א. $m_{\min} = 1.5 \text{ kg}$ ב. $a = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. $t \approx 1.55 \text{ sec}$

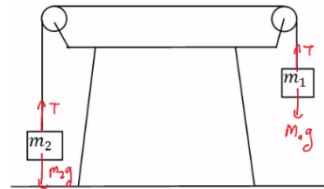
ד. $v_1(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$, $v_2(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

(11) א. תאוצה: $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 15 \text{ N}$ ב. תאוצה: $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 15 \text{ N}$

(12) א. תאוצה: $a \approx 6.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T = 46.68 \text{ N}$

ב. תאוצה: $a \approx 4.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

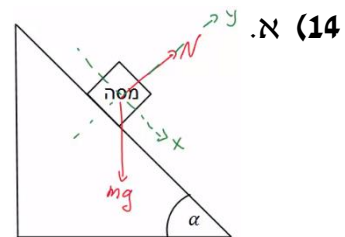
(13) א. ב. $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. m_1 תרד כלפי מטה.



ה. $v(t=0.89) \approx 4.47 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $t = \sqrt{\frac{4}{5}} \text{ sec}$

ב. $a_x = g \sin \alpha$ ג. מיקום-זמן: $x(t) = \frac{1}{2} g \sin \alpha \cdot t^2$

מהירות-זמן: $v(t) = g \sin \alpha \cdot t$



(15) א. תתחיל להחליק. ב. הזמן: $t \approx 0.94 \text{ sec}$, המהירות: $v(t=0.94) \approx 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(16) א. $a = -g(\mu_k \cos 30^\circ + \sin 30^\circ) \approx -6.73 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t) = 0 + 20 \cdot t - \frac{6.73}{2} \cdot t^2$

ג. $t \approx 2.97 \text{ sec}$ ד. לא. ה. $t = 6.24 \text{ sec}$

(17) א. לכיוון המסה הגדולה יותר. ב. $a \approx 2.61 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ג. סטטי, המערכת בתנועה. ד. $a \approx 1.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(18) א. בכיוון m_2 . ב. $a \approx 0.98 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ג. בכיוון m_1 , סטטי. ד. אין.

(19) א. תאוצה: $a = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, מתיחות: $T_{m1} = 56 \text{ N}$, $T_{m2} = 32 \text{ N}$ ב. בתנועה.

ג. $a = 5.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

$$\theta_0 \approx 16.6992^\circ \quad \text{ג.} \quad \theta = 20^\circ \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F}{m} (\cos \theta + \mu_k \sin \theta) - \theta_k g \quad \text{א.} \quad (20)$$

$$\text{א. גודל: } a_x = g \tan \alpha, \text{ כיוון: חיובי.} \quad \text{ב. לא.} \quad (21)$$

$$F = \mu_s (m_1 + m_2) g = 28 \text{ N} \quad (22)$$

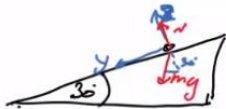
$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot t^2, \quad v(t) = \frac{1}{2} \cdot t \quad \text{ב.} \quad x(t) = 20 \cdot t - \frac{2}{2} t^2, \quad v(t) = 20 - 2 \cdot t \quad \text{א.} \quad (23)$$

$$v(t=8) = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$a_{\min} = \frac{g}{\mu_s} \quad (24)$$

$$\vec{N}_{2 \rightarrow 1} = 6 \text{ N}^{\hat{x}} \quad \text{ג.} \quad N_{1 \rightarrow 2} = 6 \text{ N} \quad \text{ב.} \quad a = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{א.} \quad (25)$$

$$h_{\max} = 1.78 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 3 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (26)$$



$$\sum F_z = N - mg \cos 30^\circ, \quad \sum F_y = mg \sin 30^\circ, \quad \sum F_x = 0 \quad \text{א.} \quad (27)$$

$$v_y(t_B) \approx 7.07 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.} \quad v_0 = \sqrt{2} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad \text{ב. פרבולה.}$$

$$m_{B\max} = \frac{(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha}{1 + \sin \alpha - \mu_s \cos \alpha} \quad \text{א.} \quad (28)$$

$$a = g(\mu_s \cos \alpha - \sin \alpha), \quad T = g(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha \quad \text{ב.}$$

$$a_C = (\mu_k \cos \alpha - \sin \alpha) g, \quad a_B = g \frac{(m_B - \mu_k m_C \cos \alpha - m_A \sin \alpha)}{m_A + m_B} \quad \text{ג.}$$

$$\mu_s \geq 0.224 \quad \text{ב.} \quad N_B = 0.518 \text{ mg}, \quad N_A = 0.732 \text{ mg} \quad \text{א.} \quad (29)$$

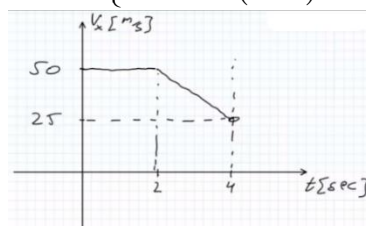
$$F_{\max} = \frac{2\mu_s mg}{\cos \alpha - 2\mu_s \sin \alpha} \quad \text{ג.} \quad f_s = \frac{F \cos \alpha}{2} \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F \cos \alpha}{2m} \quad \text{א.} \quad (30)$$

$$a_1 = 22.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \quad a_2 = 3.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ה.} \quad a \approx 2.17 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ד.}$$

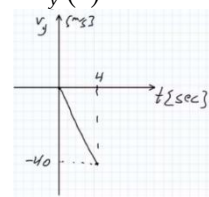
$$a = 1.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 31.05 \text{ N} \quad \text{א.} \quad (31)$$

$$F = 6.25 \text{ N} \quad \text{י.א.} \quad \text{ii. משפיעה.} \quad \text{א. אינה משפיעה.} \quad (32)$$

$$v_x(t) = \begin{cases} 50 & 0 < t < 2 \\ 50 - 12.5(t-2) & 2 < t < 4 \end{cases}$$



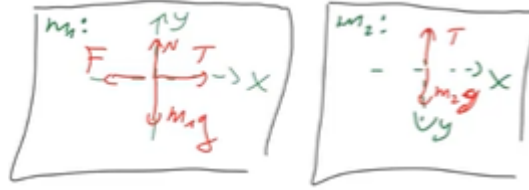
$$v_y(t) = -10 \cdot t \quad \text{ii.}$$



$$\sigma_x = 25 \text{ m} \quad \text{ג.}$$

$$x(t) = \frac{1}{2}t^2 \quad \text{ii}$$

(33) א.i

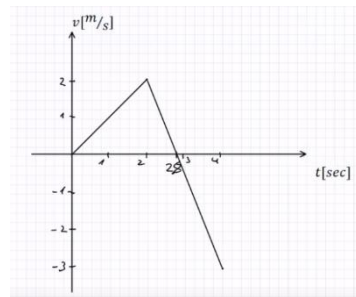


$$T = 21\text{N}, m_2 = 2.33\text{kg} \quad \text{iii}$$

ב. כן, מכיוון שהשטח השלילי מתחת לגרף גדול מהשטח החיובי המהיר תשנה כיוון.

שינוי הכיוון: $t = 2.8\text{sec}$, $x = 2.8\text{m}$

$$\mu_{s\min} = 0.25 \quad \text{ד}$$



ג.

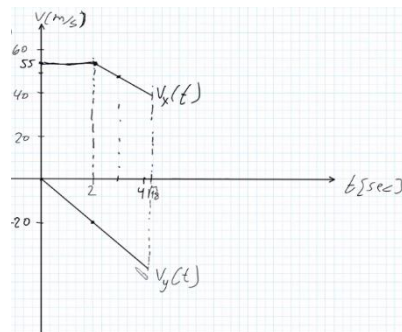
$$F \approx 84.1\text{N} \quad \text{ב}$$

$$\Delta x = 14\text{m} \quad \text{ד}$$

ii. משפיעה.

(34) א.i. לא משפיעה.

ג.



$$T = 0 \quad (35)$$

$$\alpha_{\max} = 90^\circ \quad \text{ד}$$

$$\alpha_{\max} = 38.7^\circ \quad \text{ג}$$

$$a = 3.35 \sin \alpha \quad \text{ב}$$

$$T = 30 \sin \alpha \quad \text{א} \quad (36)$$

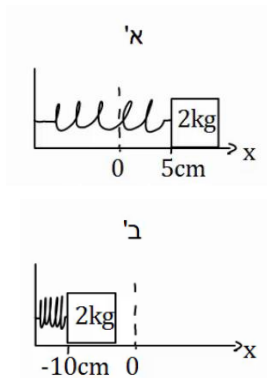
ה. המסות יתנתקו מהמשטח ויהיו תלויות אנכית, התאוצה תישאר אותו דבר כמו בזווית של 90° .

הכוח האלסטי - קפיץ:

שאלות:

(1) דוגמה 1

גוף בעל מסה של 2 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

א. מושכים את הגוף למרחק 5 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.

מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך, ומקדם החיכוך

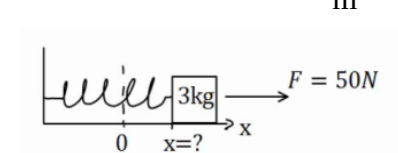
הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

ג. מהו המרחק המקסימלי בו ניתן להניח את הגוף קשור

לקפיץ כך שישאר במנוחה?

(2) דוגמה 2

גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.

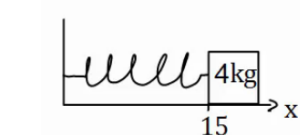
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.

היכן נמצאת נקודת שיווי המשקל?

(הנקודה בה סכום הכוחות שווה לאפס).

(3) דוגמה 3

גוף בעל מסה של 4 ק"ג מחובר לקיר באמצעות קפיץ בעל



קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

בין הגוף למשטח אין חיכוך.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

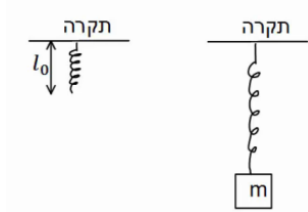
ב. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 6 ס"מ מהקיר.

ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון

שמאלה.

(4) שיטה למדידת קבוע קפיץ

מסה m תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא l_0 .



משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

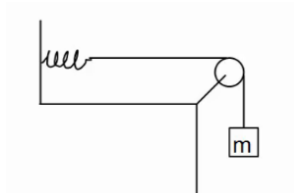
א. מה מיוחד בנקודה זו?

ב. מודדים את מרחק המסה מהתקרה בנקודה זו.

מצא באמצעות מרחק זה והפרמטרים בשאלה את קבוע הקפיץ.

(5) מסה קשורה לחוט שמחובר לקפיץ אופקי

מסה $m = 5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת



אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ.

הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.

קבוע הקפיץ הוא: $k = 10 \frac{N}{m}$.

א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשארת במנוחה.

מצא את התארכות הקפיץ.

ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים.

מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

(6) קפיץ בשיפוע

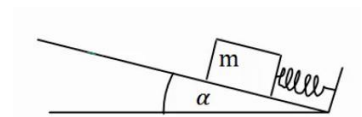
מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α .

מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ k .

אין חיכוך בין המסה למשטח.

בכמה מכוון הקפיץ ממצבו הרפוי?

התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

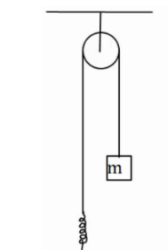
**(7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה**

מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת

אידיאלית המחוברת לתקרה.

הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k .

מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

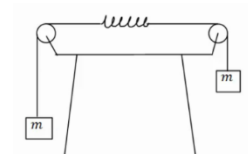
**(8) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע**

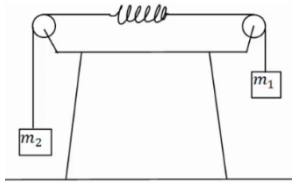
במערכת הבאה שתי מסות m תלויות משני

צידי של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים.

באמצע החוט ישנו קפיץ בעל קבוע קפיץ k .

מצא את התארכות הקפיץ.



**9) שתי מסות משני צידי השולחן וקפיץ באמצע בתאוצה**

במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$,
תלויות משני צידי השולחן באמצעות חוטים
וגלגלות אידיאליות.

באמצע החוט ישנו קפיץ חסר מסה בעל קבוע קפיץ: $k = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.

ב. מצא את התארכות הקפיץ.

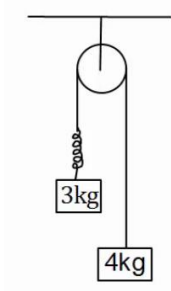
10) מסה תלויה ומתיחה

מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי.

נתון: $m = 2\text{kg}$, $k = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי תאוצת המסה אם מושכים את המסה 5 ס"מ כלפי מטה?

ב. מהי תאוצת המסה אם מרימים את המסה 2 ס"מ כלפי מעלה?

**11) מסות תלויות מהתקרה עם קפיץ בתאוצה**

במערכת הבאה שתי מסות תלויות מהתקרה באמצעות
גלגלת אידיאלית.

בין המסות יש קפיץ חסר מסה בעל קבוע קפיץ: $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?

ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?

12) קפיץ במכונית נוסעת

מסה $m = 5\text{kg}$ נמצאת על רצפת מכונית.

המסה מחוברת באמצעות קפיץ חסר מסה לצד המכונית,
ויכולה לנוע על הרצפה ללא חיכוך.

קבוע הקפיץ הוא: $k = 30 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח שאורך הקפיץ קבוע.

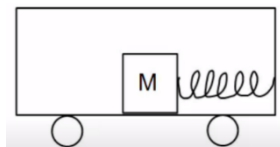
א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?

ב. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 2 מטר

לשנייה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

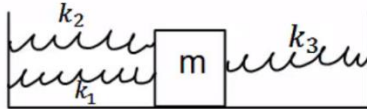
ג. מהי ההתארכות בקפיץ אם המכונית נעה בתאוצה קבועה של 3 מטר

לשנייה בריבוע שמאלה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.



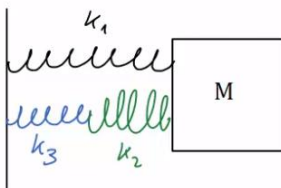
(13) מסה עם שלושה קפיצים

שלושה קפיצים מחוברים למסה $m = 2\text{kg}$, כפי שנראה באיור.
אין חיכוך בין המסה לרצפה.



נתון כי: $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הנח כי כל הקפיצים רפויים באותה הנקודה.
מהי תאוצת המסה כאשר היא נמצאת במרחק 20 ס"מ מנקודת שיווי המשקל?

(14) שלושה קפיצים שוב

באיור הבא המסה $m = 4\text{kg}$ מחוברת לשלושה קפיצים
בעלי קבועי קפיץ שונים. הנח שכל הקפיצים רפויים
כאשר המסה נמצאת ב- $x = 0$.

מהי תאוצת המסה כאשר מיקומה הוא: $x = 0.2\text{m}$

אם קבועי הקפיצים הם: $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. גודל: } -1.25 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ הכיוון חיובי. ב. גודל: } a = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ הכיוון חיובי.}$$

$$\text{ג. } x = 8 \text{ cm}$$

$$(2) \quad x = \frac{1}{2} \text{ m}$$

$$(3) \quad \text{א. } F = -2.5 \text{ N} \quad \text{ב. } F = 2 \text{ N} \quad \text{ג. סעיף א': } a = -3.13 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \text{ סעיף ב': } a = -2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}.$$

$$(4) \quad \text{א. נקודת שיווי משקל. ב. } k = \frac{mg}{d - l_0}$$

$$(5) \quad \text{א. } \Delta x = 5 \text{ cm} \quad \text{ב. } a = -10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(6) \quad |\Delta x| = \frac{mg \sin \alpha}{k}$$

$$(7) \quad \Delta x = \frac{mg}{k}$$

$$(8) \quad |\Delta x| = \frac{mg}{k}$$

$$(9) \quad \text{א. } a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } \Delta x = \frac{3}{4} \text{ m}$$

$$(10) \quad \text{א. } a = -0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } a = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(11) \quad \text{א. } a = \frac{10}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } \Delta x \approx 0.69 \text{ m}$$

$$(12) \quad \text{א. } \Delta x = 0 \quad \text{ב. } |\Delta x| = \frac{1}{3} \text{ m, מתארך. ג. } |\Delta x| = \frac{1}{2} \text{ m, מתכווץ.}$$

$$(13) \quad a = -2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(14) \quad a \approx 0.326 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 7 - עבודה ואנרגיה

תוכן העניינים

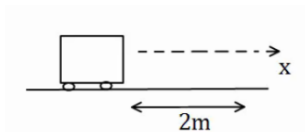
1.	העבודה שמבצע כוח.....	90
2.	אנרגיה קינטית והקשר לעבודה.....	92
3.	אנרגיה פוטנציאלית-כובדית.....	93
4.	אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה.....	94
5.	עבודת החיכוך וחום.....	97
6.	אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ.....	99
7.	חוק שימור האנרגיה- הרחבה..... (ללא ספר)	
8.	סיכום הפרק..... (ללא ספר)	
9.	תרגילים.....	100
10.	הספק.....	105

העבודה שמבצע כוח:

שאלות:

(1) דוגמה 1

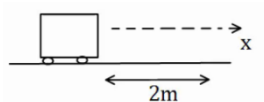
כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- x .
 חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



- בכיוון ציר ה- x .
- בכיוון 30° עם ציר ה- x .
- בכיוון 30° מתחת לציר ה- x .

(2) דוגמה 2

כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- x .
 חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



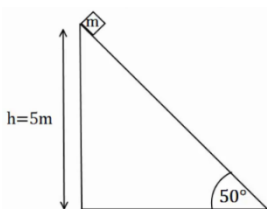
- בכיוון ציר ה- y .
- בכיוון 30° מעל ציר ה- x השלילי.
- בכיוון 30° מתחת לציר ה- x השלילי.

(3) דוגמה 3

גוף נופל נפילה חופשית מגובה של 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3kg .
 א. חשב את עבודת כוח הכובד עד לפגיעה בקרקע.
 ב. חשב שוב את העבודה אם הגובה והמסה נתונים כפרמטרים: m, h .

(4) דוגמה 4

גוף שמסתו $m = 2\text{kg}$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
 זווית השיפוע של המישור היא 50° .
 א. חשב את העבודה שמבצע הנורמל על הגוף במהלך תנועתו.
 ב. חשב את עבודת כוח הכובד על הגוף.
 ג. חשב את עבודת החיכוך הקינטי אם ידוע שמקדם החיכוך הוא: $\mu_k = 0.2$.



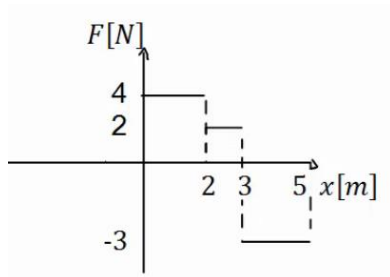
(5) דוגמה 5

גוף נע מהנקודה (1,2) לנקודה (3,5).

חשב את עבודת הכוחות הבאים הפעלו על הגוף:

א. $\vec{F} = (2,1)$

ב. $\vec{F} = (-3,2)$

**(6) כוח כתלות במיקום**

נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.

א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?

ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים

האחרונים של התנועה?

תשובות סופיות:

(1) א. $W = 10$ ב. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$ ג. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$

(2) א. $W = 0$ ב. $W \approx -8.66$ ג. $W \approx -8.66 \text{ J}$

(3) א. $W_g = 240 \text{ J}$ ב. $W_g = mgh$

(4) א. $W_N = 0$ ב. $W_g = 100 \text{ J}$ ג. $W_{fk} = -16.79 \text{ J}$

(5) א. $W = 7 \text{ J}$ ב. $W = 0$

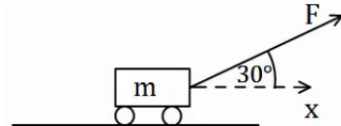
(6) א. $W = 4 \text{ J}$ ב. $W = -6 \text{ J}$

אנרגיה קינטית והקשר לעבודה:

שאלות:

(1) כוח מושך קרונית בזווית

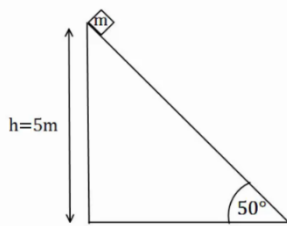
כוח $F = 50\text{N}$ מושך קרונית בזווית של 30° מעל ציר ה- x .
מסת הקרונית היא 3 ק"ג .



- שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.
- מצא את העבודה של כל כוח, אם ידוע שהקרונית התקדמה 5 מטרים בכיוון ציר ה- x .
- מהי מהירות הקרונית לאחר 5 המטרים , אם התחילה לנוע ממנוחה?

(2) המשך לדוגמה 4

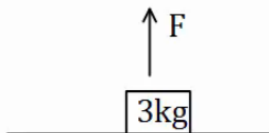
גוף שמסתו $m = 2\text{kg}$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור. זווית השיפוע של המישור היא 50° . מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.



- מצא את עבודת הכוחות.
- מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

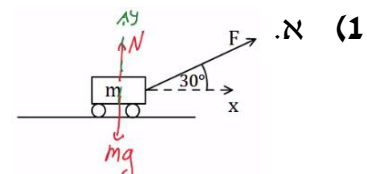
(3) כוח מושך גוף ישר למעלה

כוח $F = 50\text{N}$ מושך גוף כלפי מעלה. מצא את מהירות הגוף בגובה 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3 ק"ג .



תשובות סופיות:

א. $v_F \approx 12.01 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $W_N = 0 = W_g, W_F \approx 216.51\text{J}$ ב.



א. $v_F \approx 9.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב.

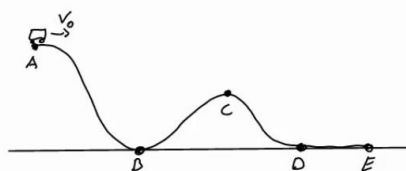
א. $W_N = 0, W_g = 100\text{J}, W_{fk} = -16.79$ ב.

א. $v_p \approx 10.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב.

אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

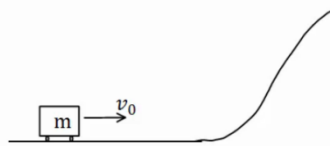
שאלות:

1) רכבת הרים



רכבת הרים מתחילה בנסיעה מהנקודה A הנמצאת בגובה 20 מטרים. מהירותה בנקודה A היא 5 מטרים לשנייה. מצא את מהירותה בנקודות B, D, E הנמצאות על הקרקע, ובנקודה C הנמצאת בגובה 10 מטרים.

2) עגלה עולה על גבעה



עגלה נעה בתחתית גבעה עם מהירות התחלתית של 20 מטר לשנייה. אין חיכוך בין העגלה לאדמה.

- א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע העגלה? לאחר שהגיעה לגובה המקסימלי מתחילה העגלה להתדרדר חזרה במורד הגבעה.
- ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

תשובות סופיות:

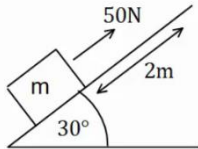
$$v_B \approx 20.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}} = v_E = v_D, v_C \approx 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$v_F = \pm v_0 \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 20\text{m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

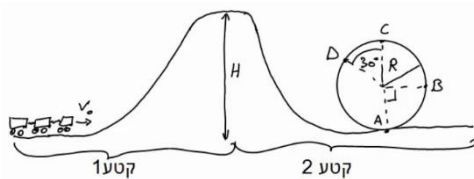
שאלות:

(1) כוח מעלה במדרון משופע



כוח של 50 ניוטון פועל על גוף במקביל למשטח משופע בעל זווית של 30° .
מסת הגוף היא $m = 4\text{kg}$ והוא מתחיל תנועתו ממנוחה.
חשב את מהירות הגוף לאחר שהתקדם 2 מטרים במעלה המדרון (אין חיכוך).

(2) עוד רכבת הרים



רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור.
לרכבת מהירות התחלתית נמוכה v_0 .

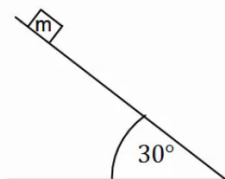
בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H .
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.

בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

א. מצא את העבודה הכוללת המבצע הכוח F על הרכבת.

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

(3) מסה מחליקה במדרון

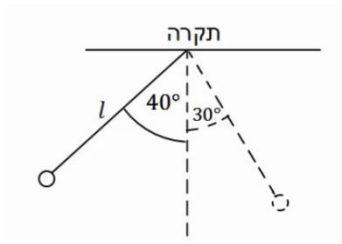


מסה $m = 4\text{kg}$ מונחת במנוחה בגובה $h = 5\text{m}$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא 30° .

א. מצא את מהירות המסה בתחתית המדרון אם אין חיכוך בינה למשטח.

ב. חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

ג. חזור על סעיף ב' אם בנוסף לחיכוך יש גם כוח $F = 60\text{N}$, במקביל למדרון ובכיוון תנועת המסה.

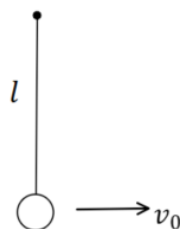
(4) מטוטלת

מטוטלת בעלת אורך חוט $l = 50\text{cm}$ תלויה מהתקרה. מרימים את המטוטלת לזווית של 40° ביחס לאנך מהתקרה ומשחררים ממנוחה.

- מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
- מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
- מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של 30° ?
- מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

(5) כדור תלוי על חוט מבצע מעגל

נקודת תלייה



כדור תלוי במנוחה על חוט שאורכו $l = 30\text{cm}$.

א. מקנים לכדור מהירות התחלתית בכיוון אופקי

$$\text{של } v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

- מה יהיה הגובה המקסימלי אליו יגיע?
- מה תהיה זווית החוט המקסימלית ביחס לאנך לקרקע?

ב. איזו מהירות מינימלית יש להעניק לכדור (ממצב מנוחה) כדי שיגיע לגובה

המקסימלי שהחוט מאפשר לו (למעל מרכז המעגל) במהירות של $\sqrt{32} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

הניחו שהמהירות מספיקה בשביל להשלים את הסיבוב.

ג. במקרה המתואר בסעיף ב' – מה תהיה מהירות הכדור כאשר יחזור לנקודת ההתחלה?

תשובות סופיות:

$$V_F \approx 5.48 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

$$W_F = mgH \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$v_F = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$W_T = 0 \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$\theta_{\max} = 40^\circ \quad \text{ד.}$$

$$20\text{cm} \quad \text{א. i.} \quad (5)$$

$$v_f = \sqrt{44} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$v_C = \sqrt{2g(H-2R)}, v_D = \sqrt{2g(H-1.87R)} \quad \text{ב.}$$

$$v_F \approx 19.11 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad v_F \approx 8.08 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$v_F \approx 1.03 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad v_F \approx 1.55 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$v_0 = \sqrt{44} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \theta_{\max} \approx 71^\circ \quad \text{ii.}$$

עבודת החיכוך וחום:

רקע:

חום (Q) - האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי. כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

$$Q = -W_{fk}$$

ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

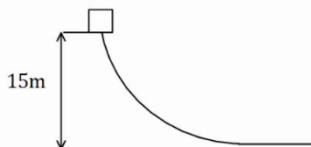
שאלות:

(1) חישוב עבודה

גוף שמסתו 5kg מחליק במורד מישור משופע. מהירותו בראש המישור היא $3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ומהירותו בתחתית המישור, הנמצאת 15m נמוך יותר מנקודת ההתחלה, היא $16 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$. מהי עבודת כוח החיכוך שפעל עליו (ביחידות Joule)?

(2) גוף נופל ממסלול עקום

גוף נופל ממנוחה ממעלה גבעה בגובה 15 מטר. בתחתית הגבעה מהירות הגוף היא 5 מטר לשנייה. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד לחום? מסת הגוף היא 2 ק"ג.



תשובות סופיות:

(1) -132.5J

(2) $Q = 275\text{J}$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ:

שאלות:

(1) מסה וקפיץ במישור אופקי

מסה $m = 50\text{gr}$ נעה במהירות $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ על משטח אופקי חלק.



המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה)

בעל קבוע קפיץ $k = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.

א. מהי מהירות המסה כאשר הקפיץ מכווץ 5 ס"מ?

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

ג. חזור על סעיפים א' ו-ב' אם בין המסה למשטח יש חיכוך.

מקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$ והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא 0.5m.

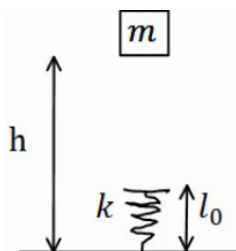
(2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

מסה $m = 5\text{gr}$ משוחררת ממנוחה מגובה $h = 1\text{m}$ מעל הרצפה.

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא $l_0 = 10\text{cm}$, וקבוע הקפיץ

הוא $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

תשובות סופיות:

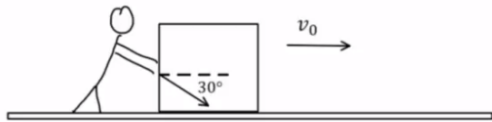
$$(1) \quad \text{א. } v_F \approx 4.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } \Delta x \approx 35.4\text{cm} \quad \text{ג. } \Delta x \approx 33\text{cm}, v \approx 4.72 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(2) \quad \text{א. } v_F = 4.24 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } \Delta x_{\max} = 3\text{cm} \quad \text{ג. } h_F = h_i$$

תרגילים:

שאלות:

(1) אדם דוחף ארגז בזווית



אדם דוחף ארגז שמסתו 80 ק"ג לאורך 2 מטרים על משטח אופקי.

מקדם החיכוך הקינטי בין הארגז למשטח הוא 0.1. האדם דוחף את הארגז בכוח קבוע שגודלו 400 ניוטון בזווית 30 מעלות לכיוון הריצפה.

לארגז גם ישנה מהירות התחלתית שגודלה $v_0 = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ וכיוונה ימינה באיור.

א. ציירו תרשים כוחות על הארגז.

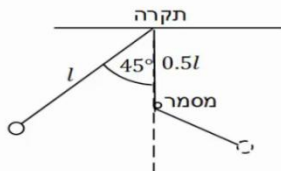
ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות?

ג. מהו הכוח השקול (גודל וכיוון) ומהי העבודה שמבצע הכוח השקול? וודאו כי התוצאה מתיישבת עם התוצאה של סעיף ב'.

ד. חשבו את מהירותו הסופית של הארגז משיקולי אנרגיה.

ה. חשבו את תאוצתו של הארגז משיקולי כוחות ומצאו את מהירותו הסופית באמצעות התאוצה שחישבתם.

(2) מטוטלת עם מסמר



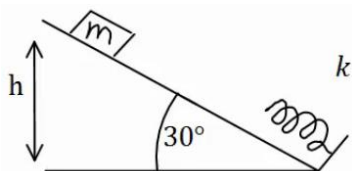
מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך $l = 80\text{cm}$.

המטוטלת מוסטת לזווית של 45° ומשוחררת ממנוחה.

בגובה $0.5l$ מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר.

מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

(3) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ



מסה $m = 20\text{gr}$ מחליקה מגובה $h = 1\text{m}$, וממנוחה,

על מדרון משופע בזווית של 30° .

בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי

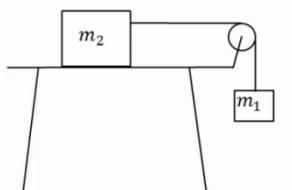
בעל קבוע קפיץ $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ואורך רפוי של 15 ס"מ.

א. מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ ומהו הגובה המקסימלי אליו תחזור המסה אם המשטח חלק?

ב. חזור על סעיף א' אם קיים חיכוך בין המשטח למסה, ומקדם החיכוך

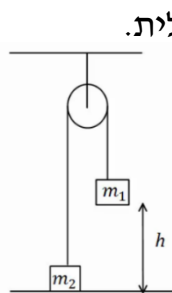
הקינטי $\mu_k = 0.1$.

הנח שהחיכוך הסטטי אינו חזק מספיק לעצור את המסה.

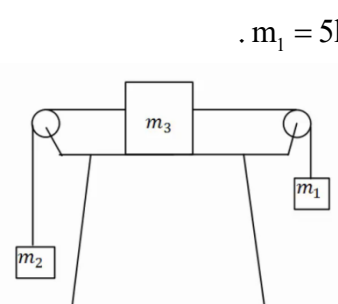
(4) מסה על שולחן ומסה תלויה

מסה $m_2 = 4\text{kg}$ נמצאת על שולחן ומחוברת דרך חוט וגלגלת אידיאלית למסה $m_1 = 2\text{kg}$ התלויה באוויר. גובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא $h = 2\text{m}$. המערכת מתחילה לנוע ממנוחה.

- מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1 אם השולחן חלק.
- מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה m_1 .
- חזור על סעיף א' כאשר קיים חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.
- כמה אנרגיה הלכה לאיבוד כחוס במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

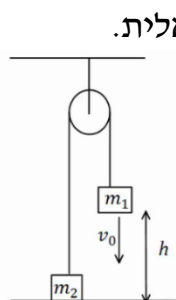
(5) שתי מסות תלויות מהתקרה

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית. נתון $m_1 > m_2$, והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h . מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_1 , אם המערכת מתחילה ממנוחה.

(6) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר

במערכת הבאה שלוש מסות: $m_1 = 5\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$, $m_3 = 3\text{kg}$. כל הגלגלות והחוטאים אידיאליים. המערכת מתחילה ממנוחה.

- מצא את המהירות כתלות בהעתק של m_1 . הנח שהשולחן חלק.
- חזור על סעיף א' אם יש חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.

(7) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית. נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h . נותנים ל- m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה v_0 .

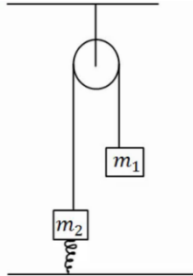
- מצא את הגובה המינימלי אליו תגיע m_1 . (הנח שהיא אינה פוגעת בקרקע).
- מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של m_2 .

(8) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

המסה m_2 מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.

משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.



נתון: $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$, $k = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?

ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?

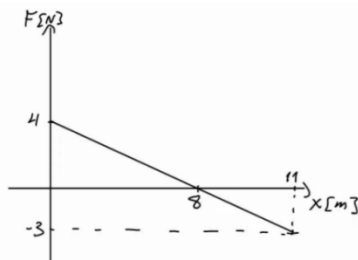
ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

(9) גרף של כוח

נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.

הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.

מסת הגוף היא $m = 2\text{kg}$ והגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.



א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18\text{m}$.

ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6\text{m}$.

(10) כדור מקפץ מאבד אנרגיה

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה 3m .

בכל פעם שהכדור פוגע ברצפה הוא מאבד 8% מהאנרגיה שלו.

א. מה הגובה המקסימלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה הראשונה?

ב. מה הגובה המקסימלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה השלישית?

ג. כמה פעמים יפגע הכדור ברצפה עד אשר גובהו המקסימלי יהיה קטן

מ-80 ס"מ?

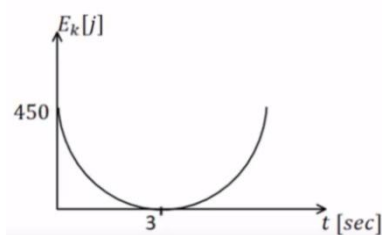
(11) זריקה אנכית עם גרף של אנרגיה קינטית

כדור שמסתו 1 ק"ג נזרק אנכית כלפי מעלה.

מישור הייחוס של האנרגיה הפוטנציאלית נבחר

בנקודת הזריקה. הגרף הנתון מתאר את האנרגיה

הקינטית כפונקציה של הזמן.



א. מהי מהירות הזריקה של הכדור ומתי הגיע לשיא הגובה?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?

ג. שרטט גרף של האנרגיה הפוטנציאלית של הכדור כפונקציה של הזמן.

ציין על הגרף מהו הערך המירבי של האנרגיה ומהו הזמן בו חזר הכדור לקרקע.

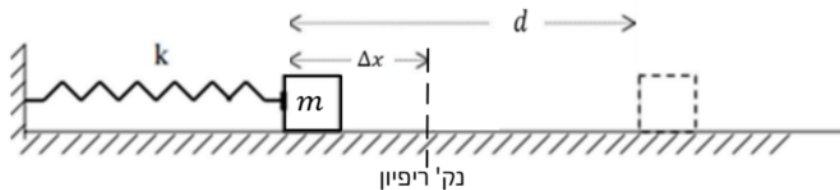
ד. חשב את עבודת כוח הכובד:

i. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.

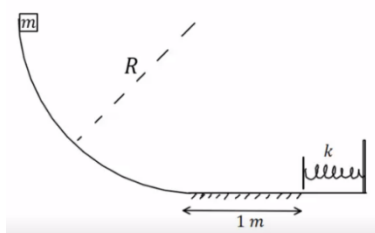
ii. מרגע הזריקה ועד שהכדור הגיע לגובה 30 מטרים בדרכו חזרה.

12) קפיץ דוחף גוף על שולחן עם חיכוך

גוף שמסתו $m = 0.3\text{kg}$ נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- $\Delta x = 0.2\text{m}$ כמוראה בציר. לאחר שחרורו, נע הגוף מרחק $d = 0.6\text{m}$ על שולחן אופקי לא חלק עד עומדו (הגוף אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא: $k = 14 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.



- מהו מקדם החיכוך שבין הגוף והשולחן?
- מהי מהירות הגוף ברגע שהוא עוזב את הקפיץ (מנתק את המגע איתו)?

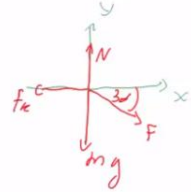
13) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ


גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך בצורת רבע מעגל ברדיוס $R = 2\text{m}$. בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי שאינו חלק באורך 1 מטר. מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3. בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי, הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיווץ מקסימלי של 0.1 מטר. החלק עליו נמצא הקפיץ חסר חיכוך.

- מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?
- מהו קבוע הקפיץ?
- מהו הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?

תשובות סופיות:

א. (1) $W_F \approx 690\text{J}, W_{Fk} = -200\text{J}$ ב.



ג. $\sum F \approx 250\text{N}, W_{\sum F} \approx 490\text{J}$ ד. $v_F = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה. $a \approx 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, v_F = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (2) $\theta_{\max} = 65.53^\circ$

א. הכיוון: $x = 6.18\text{cm}$, הגובה: $h_F = 1\text{m}$ ב. (3)

ב. הכיוון: $\Delta x = 5.6\text{cm}$, הגובה: $h_F = 0.999\text{m}$

א. (4) $v_{m_1} \approx 3.65 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $v = \sqrt{\frac{40}{3} - \frac{20}{3}h}$ ג. $v = \sqrt{8} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $Q = 16\text{J}$

א. (5) $v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}}$

א. (6) $v = \sqrt{6\Delta x}$ ב. $v = \sqrt{4.8\Delta x}$

א. (7) $h_{\min} = \frac{\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_0^2 + (m_1 - m_2)gh}{(m_1 - m_2)g}$ ב. $|v_p| = |v_i| = |v_0|$

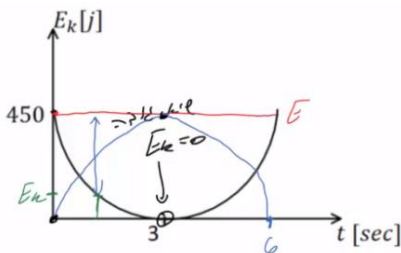
א. (8) $x_0 = 2\text{m}$ ב. $v \approx 2.58 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $\Delta x_{\max} = 4\text{m}$

א. (9) $v(x=18) = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $v(x=6) = 4.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (10) $h_1 = 2.76\text{m}$ ב. $h_3 = 2.187$ ג. $n = 16$

א. (11) $v_0 = 30 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, t = 3\text{sec}$ ב. $h = 45\text{m}$ ג.

א. (12) $W_g = -450\text{J}$ ב. $W_g = -300\text{J}$



א. (12) 0.156 ב. $1.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (13) $v_B = \sqrt{34} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $k = 6800 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $h_D = 1.4\text{m}$

הספק:

שאלות:

(1) דוגמה 1

- מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומגיעה למהירות של 100 קמ"ש ב-10 שניות. מסת המכונית היא 1 טון. הניחו כי אין חיכוך עם האוויר.
- א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?
- ב. מהו ההספק של המנוע בהנחה שהוא קבוע ומנוצל במלואו (הנחה לא נכונה)?

(2) דוגמה 2

- אופנוע נוסע במהירות קבועה של 100 קמ"ש. כנגדו פועל כוח ההתנגדות מהאוויר של 300 ניוטון. מהו ההספק של המנוע, אם נניח שההספק מנוצל במלואו?

(3) הספק ממוצע לשנות מהירות

- איזה כוח קבוע יש להפעיל על מכונית בעלת מסה של 2 טון כדי לשנות את מהירותה מ- $9 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ ל- $27 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בתוך 4 sec?
- מהו ההספק הממוצע של כוח זה?

(4) רכבת צעצוע חשמלית

- רכבת צעצוע חשמלית מורכבת מ 10 קרונות. הקרון הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק"ג כל אחד. שאר הקרונות עמוסים בצעצועים ושוקלים 3 ק"ג כל אחד. כל אחד מן המנועים מייצר הספק קבוע של 0.2KW.
- א. כמה זמן ייקח לרכבת להגיע למהירות של 10 מטר לשנייה, אם התחילה לנוע ממנוחה?
- ב. מהי האנרגיה הקינטית של הקרון הראשון ומהי האנרגיה הקינטית של הקרון השני, כאשר הרכבת נעה במהירות שחישבת בסעיף א'?
- ג. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון הראשון לשני על הקרון השני בזמן ההאצה.
- ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון השני לשלישי על הקרון השלישי בזמן ההאצה.
- ה. הרכבת מגיעה לעלייה עם שיפוע של 2 מעלות, מה צריך להיות ההספק המנועים (בהנחה שהם שווים), על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?



(5) הספק כאשר נתון מיקום כתלות בזמן

כוח יחיד פועל על גוף שמסתו 4kg , הכוח הפועל בכיוון התנועה והמיקום

כתלות בזמן של הגוף הוא: $x(t) = 2 + 3t + t^2$ ביחידות m.k.s.

א. מהי העבודה שמבצע הכוח במשך 3 השניות הראשונות של התנועה?

ב. מהו ההספק של הכוח ב- $t = 2\text{sec}$?

תשובות סופיות:

- (1) א. $\Delta E_k \approx 385,800\text{J} = W_{\sum \vec{F}}$ ב. $p = 51.7\text{HP}$
- (2) $p = 11.18\text{HP}$
- (3) $F = 2500\text{N}$, $\bar{p} \approx 16.76\text{HP}$
- (4) א. $\Delta t = 3.5\text{sec}$ ב. $E_{k_1} = 100\text{J} = E_{k_2}$ ג. $W_{1 \rightarrow 2} = 600\text{J}$
- ד. $W_{3 \rightarrow 2} = 1200\text{J}$ ה. $p = 97.7\text{W}$
- (5) א. $W = 144\text{J}$ ב. $p(t = 2) = 56\text{W}$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 8 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

תוכן העניינים

107	1. תנועה בקו ישר -שאלה עם גרף
109	2. תנועה במישור- רקטה ממסתור.
110	3. אנרגיות וזריקה משופעת- בוכנה עם קפיץ
111	4. כוח מושך במורד מדרון
112	5. תרגילים נוספים

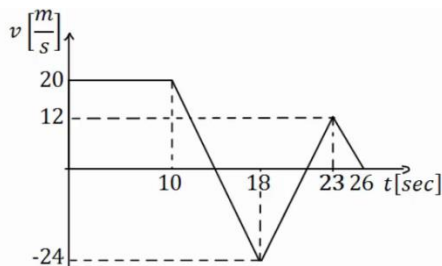
תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף:

שאלות:

1) גוף נע לאורך ציר ה- x כך שמהירותו לפי הזמן נתונה בגרף הבא.

הנח שהגוף מתחיל תנועתו מ- $x = 0$.

א. מצא את תאוצת הגוף בזמנים: $t = 2, 12, 17, 20, 24$.



ב. שרטט גרף של תאוצת הגוף כתלות בזמן.

ג. מתי העתק הגוף מקסימלי? ומהו גודלו?

ד. באיזה מהירות קבועה צריך גוף אחר לנוע

על מנת שיעשה את אותו ההעתק הכולל

באותו זמן (26 שניות) כמו הגוף הנ"ל?

ה. רשום משוואת מהירות-זמן עבור הגוף.

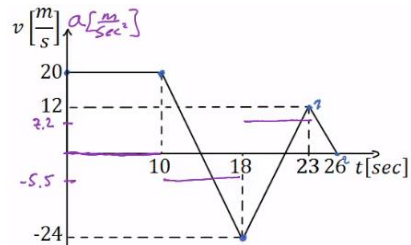
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.

ז. שרטט גרף מיקום-זמן עבור הגוף.

תשובות סופיות:

א. (1) $a(t=2)=0$, $a(t=12)=a(t=17)=-5.5$, $a(t=20)=7.2$, $a(t=24)=-4 \frac{m}{sec^2}$

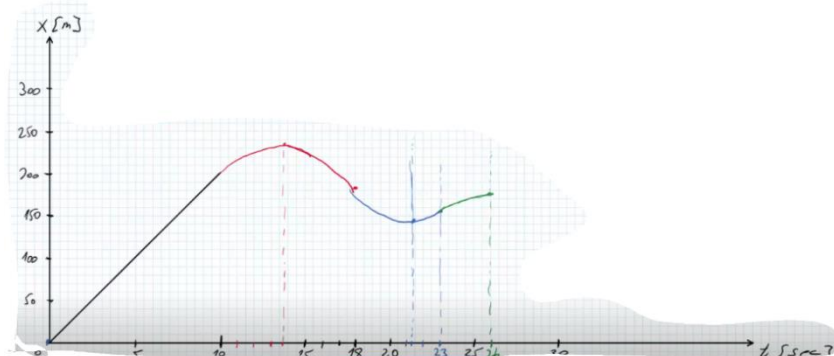
ג. בזמן: $t \approx 13.64$, הגודל: $\Delta x_{max} = 236.4m$



ה.
$$v(t) = \begin{cases} 20 & 0 < t < 10 \\ 20 - 5.5(t-10) & 10 < t < 18 \\ -24 + 7.2(t-18) & 18 < t < 23 \\ 12 - 4(t-23) & 23 < t < 26 \end{cases}$$

ד. $\bar{v} \approx 6.62 \frac{m}{sec}$

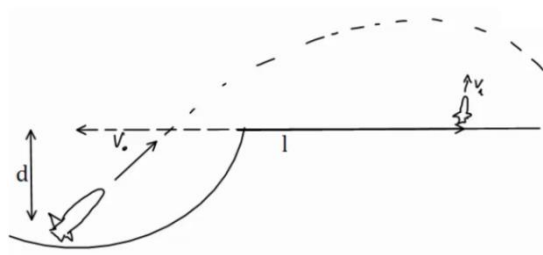
ו.
$$x(t) = \begin{cases} 20t & 0 < t < 10 \\ 200 + 20(t-10) + \frac{1}{2}(-5.5)(t-10)^2 & 10 < t < 18 \\ 184 + (-24)(t-18) + \frac{1}{2}7.2(t-18)^2 & 18 < t < 23 \\ 154 + 12(t-23) + \frac{1}{2}(-4)(t-23)^2 & 23 < t < 26 \end{cases}$$



תנועה במישור – רקטה ממסתור:

שאלות:

- (1) רקטה יוצאת מנקודת מסתור במהירות v_0 ובזווית θ ביחס לאופק. גובה המסתור הוא d מטרים מתחת לקרקע. במרחק אופקי l מנקודת הירי של הרקטה, יוצאת רקטה נוספת במהירות v_1 כלפי מעלה. התייחס לפרמטרים בגוף השאלה כנתונים.
- א. מהו גובה הרקטה הראשונה כאשר היא חולפת מעל הרקטה השניה.
- ב. מתי יש לירות את הרקטה השניה על מנת שתפגע ברקטה הראשונה (מספיק להגיע למשוואה ריבועית עם המשתנה והפרמטרים הנתונים).



תשובות סופיות:

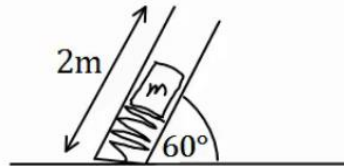
$$h = -d + v_0 \sin \theta \cdot \frac{l}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \left(\frac{l}{v_0 \cos \theta} \right)^2 \quad \text{א. (1)}$$

$$h = v_1(t_1 - t_0) - \frac{g}{2}(t_1 - t_0)^2 \quad \text{ב.}$$

אנרגיות וזריקה משופעת – בוכנה עם קפיץ:

שאלות:

- (1) מכניסים מסה 4kg לתוך בוכנה המכילה קפיץ רפוי. אורכו הרפוי של הקפיץ הוא כאורך הבוכנה 2m . הבוכנה נמצאת בזווית 60° מעלות ביחס לקרקע. לוחצים את המסה לתוך הבוכנה כך שהקפיץ מתכווץ 1 מטר ומשחררים. קבוע הקפיץ הוא: $k = 200 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.
- מהי מהירות המסה ביציאה מהבוכנה?
 - מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה?
 - מהו המרחק מתחתית הבוכנה בו תפגע המסה בקרקע?
 - מהי מהירות המסה בפגיעה, גודל וכיוון?



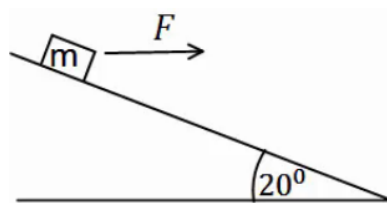
תשובות סופיות:

- (1) א. $v \approx 5.72 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $y \approx 2.96\text{m}$ ג. $x(t=1.26) \approx 4.6\text{m}$
- ד. מהירות: $v_y(t=1.26) = -7.65 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, גודל: $|\vec{v}| \approx 8.17 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, כיוון: $\theta = 69.5^\circ$.

כוח מושך במורד מדרון:

שאלות:

- (1) כוח אופקי $F = 30\text{N}$ מושך מסה $M = 4\text{kg}$ במורד מדרון משופע. זווית השיפוע היא 20° . בין המדרון למסה קיים חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.
- האם המסה מתנתקת מהמדרון?
 - מהי עבודת הכוח F אם הגוף נע 3 מטרים במורד המדרון?
 - מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?
 - מהי עבודת החיכוך?
 - מהי עבודת הנורמל?
 - מהו השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף?
 - מהי מהירות הגוף בסוף הקטע אם התחיל תנועתו ממהירות של 2 מטרים לשנייה?



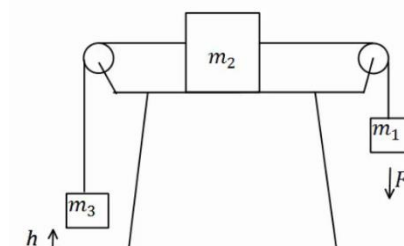
תשובות סופיות:

- (1) א. לא. ב. $W_F = 84.57\text{J}$ ג. $W_g = 41.04$ ד. $W_{fk} \approx -16.4\text{J}$
- ה. $W_N = 0$ ו. $\Delta E_k = 109.21\text{J}$ ז. $v \approx 7.66 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

תרגילים נוספים:

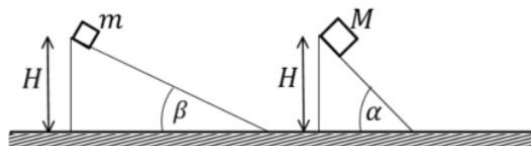
שאלות:

- (1) במערכת הבאה גדלי המסות הן: $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$, $m_3 = 3\text{kg}$ ברגע $t = 0$. המערכת נמצאת במנוחה והגובה של m_3 מעל הקרקע הוא $h = 50\text{cm}$. באותו הרגע פועל כוח $F = 32\text{N}$ על m_1 במשך 2 שניות. הנח ש- m_2 לא פוגעת באף גלגלת במהלך התנועה ו- m_1 לא פוגעת בקרקע. בין m_2 למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.
- מהי תאוצת המערכת?
 - מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה m_3 ?
 - מתי תפגע m_3 ברצפה?
 - כמה חוס נוצר במהלך כל התנועה?



(2) השוואה בין שני מישורים

- נתונים שני מישורים משופעים חלקים בעלי גבהים שווים. גובה המישורים הוא H ושיפועיהם α ו- β . שתי מסות M ו- m מחליקות ממנוחה מהקצוות העליונים של המישורים כמוראה בציור. נתון $M > m$ וכן. נסמן ב- v_m ו- v_M את מהירויות המסות בהגיען לקצוות התחתונים של המישורים. כמו כן נסמן ב- t_m ו- t_M את משך זמני ההחלקה של המסות על המישורים.
- האם v_m גדול שווה או קטן מ- v_M ?
 - האם t_m גדול שווה או קטן מ- t_M ?
 - חזרו על סעיפים א' ו-ב' עבור מצב שיש חיכוך בין המסות למישורים ומקדם החיכוך זהה.



תשובות סופיות:

$$(1) \quad a = \frac{4}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב. } h_{\max} \approx 4.06\text{m} \quad \text{ג. } t = 4.41\text{sec} \quad \text{ד. } Q = 30.44\text{J}$$

$$(2) \quad \text{א. שווה.} \quad \text{ב. גדול.} \quad \text{ג. } v_M > v_m, \quad t_M < t_m$$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 9 - תנועה הרמונית

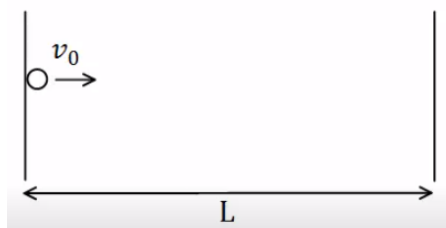
תוכן העניינים

114	1. תנועה מחזורית
115	2. תנועה הרמונית
119	3. קפיץ אנכי
120	4. תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע
121	5. אנרגיה בתנועה הרמונית
122	6. מטוטלת מתמטית
(ללא ספר)	7. סיכום הפרק
123	8. תרגילים נוספים

תנועה מחזורית:

שאלות:

1) כדור נע בין שני קירות



$$v_0 = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

התנגשות הכדור עם הקירות היא אלסטית.

המרחק בין הקירות הוא $L = 6\text{m}$.

א. חשב את זמן המחזור של התנועה.

ב. דני ראה כי מיקום הגוף

ב- $t = 1\text{sec}$ הוא 2m מהקיר השמאלי.

דני חישב כמה זמן ייקח לכדור לפגוע בקיר הימני ולחזור לאותה הנקודה.

דני סימן את הזמן הזה ב- $\tilde{T}$, חשב מהו $\tilde{T}$.

ג. הסבר מדוע $\tilde{T}$ הוא אינו זמן המחזור של התנועה, והסבר כיצד היה צריך

דני לבצע את החישוב על מנת לקבל את זמן המחזור הנכון.

תשובות סופיות:

- 1) א. $T = 6\text{sec}$ ב. $\tilde{T} = 4\text{sec}$ ג. ראה סרטון.

תנועה הרמונית:

שאלות:

(1) דוגמה לחישוב המיקום

גוף מחובר לקפיץ אופקי המחובר בצידו השני לקיר. הגוף נע הלך וחזור על שולחן אופקי חסר חיכוך. דפנה מסתכלת על הגוף המתנדנד ומוודדת את המרחק בין שתי הקצוות של התנועה.

א. מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא: 0.4m ?
ברגע מסוים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד. דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

ג. מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?

ד. קבע את ראשית הצירים במרכז התנועה של הגוף, ורשום משוואה המתארת את מיקום הגוף ביחס לראשית, כתלות בזמן שמראה הסטופר של דפנה.

(2) מציאת המיקום מהזמן

מסה $m = 3\text{kg}$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. מסיטים את המסה מרחק $d = 0.3\text{m}$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.
א. מהם התדירות וזמן המחזור של התנועה?
ב. מהי האמפליטודה של התנועה?
ג. רשום נוסחה המתארת את מיקום המסה כתלות בזמן.
ד. מהו מיקום המסה ב- $t_1 = 0.4\text{sec}$?

(3) מציאת הזמן מהמיקום

מסה $m = 2\text{kg}$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 30 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. מסיטים את המסה מרחק $d = 15\text{cm}$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.
א. מצא את מיקום המסה כתלות בזמן.
ב. מהו מיקום המסה ב- $t_1 = 0.3\text{sec}$ וב- $t_2 = 1.2\text{sec}$?
ג. מהו הזמן בו המסה מגיעה אל נקודת שיווי המשקל, ומהו הזמן בו היא מגיעה לקצה השני?
ד. מהם הזמנים בהם המסה מגיעה אל $x = 7.5\text{cm}$? מדוע קיימים שניים?

(4) חישוב המהירות

גוף בעל מסה $m = 0.5\text{kg}$ מתנדנד בתנועה הרמונית, כך שמיקומו כתלות בזמן הוא: $x(t) = 0.4 \cos(2t)$, במטרים.

- מהי התדירות הזוויתית והאמפליטודה של התנועה?
- מהי המהירות המקסימאלית של הגוף?
- רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן של הגוף.
- מהי מהירות הגוף ב- $t = 2\text{sec}$, ומהי האנרגיה הקינטית שלו באותו הרגע?

(5) חישובי פאזה

דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

ובמשרעת $A = 0.2\text{m}$.

דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.

- רשום ביטוי למיקום כפונקציה של הזמן שמודד דני.
- צייר גרף של המיקום כתלות בזמן שמודד דני.
- מתי היה צריך דני להתחיל למדוד את הזמן אם הוא רוצה שהפונקציה של המיקום תהפוך להיות פונקציית סינוס?

(6) חישוב הפאזה מתנאי התחלה

גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ מחובר לקפיץ בעל קבוע $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, ומתנדנד בתנועה

הרמונית על מישור חלק ואופקי.

- מהי התדירות הזוויתית של התנועה?
- מהם הפאזה והאמפליטודה של הגוף, אם ברגע תחילת הזמן הגוף היה

ב- $x(t=0) = 0.2\text{m}$, ובמהירות $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון השלילי?

- רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.
- חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

(7) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ

מסה $m = 3\text{kg}$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 9 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, ונמצאת על שולחן אופקי חלק. המסה נמצאת במנוחה (הקפיץ רפוי).

מסה זהה נוספת נעה במהירות $v = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ כלפי המסה הנייחת ומתנגשת בה

התנגשות פלסטית. הנח כי זמן ההתנגשות קצר מאוד.

לאחר ההתנגשות שתי המסות נעות בתנועה הרמונית.

א. מהי תדירות התנועה?

ב. מה תנאי ההתחלה של התנועה ההרמונית $(x(t=0), v(t=0))$?

ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

תשובות סופיות:

(1) א. $A = 0.2\text{m}$ ב. $T = 0.5\text{sec}$ ג. תדירות: $f = 2 \cdot \frac{1}{\text{sec}}$

תדירות זוויתית: $\omega \approx 12.57 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $x(t) = 0.2 \cos(12.57 \cdot t)$

(2) א. תדירות: $f \approx 0.29 \frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T \approx 3.44\text{sec}$ ב. $d = 0.3\text{m}$

ג. $x(t) = 0.3 \cos(1.83 \cdot t)$ ד. $x(t_1) \approx 0.22\text{m}$

(3) א. $x(t) = 0.15 \cos(3.87 \cdot t)$ ב. $x(t_1) \approx 0.06$, $x(t_2) = -0.01\text{m}$

ג. שיווי משקל: $t_3 \approx 0.41\text{sec}$, הקצה השני: $t_4 \approx 0.82\text{sec}$

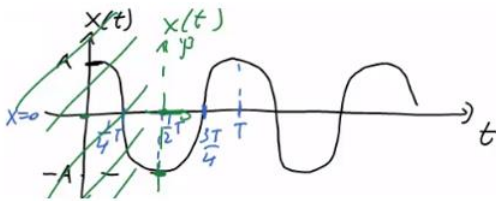
ד. $\tilde{t}_1 \approx 0.27\text{sec}$, $\tilde{t}_2 \approx 1.35\text{sec}$

(4) א. $A = 0.4\text{m}$, $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $|v_{\max}| = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $v(t) = -0.8 \cdot \sin(2 \cdot t) \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $v(t=2) \approx 0.61 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $E_k \approx 0.09\text{J}$

(5) א. $x(t) = 0.2 \cos(3 \cdot t + \pi)$ ב. שרטוט:

ג. $t_0 = 1.57\text{sec}$



(6) א. $\omega = \sqrt{2} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $\varphi \approx 1.52\text{rad}$, $A \approx 3.94\text{m}$

ג. $x(t) = 3.94 \cos(\sqrt{2} \cdot t + 1.52)$, $v(t) = -5.57 \sin(\sqrt{2} \cdot t + 1.52)$

ד. $\varphi = \frac{\pi}{2}$, $A \approx 4.24\text{m}$

(7) א. $\omega = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $x(t=0) = 0$, $v(t=0) = -6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $x(t) = 4.90 \cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$

קפיץ אנכי:

שאלות:

(1) קפיץ אנכי ותוספת מסה

גוף בעל מסה $m = 1\text{kg}$ תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל

$$k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ ואורך רפוי } l_0 = 30\text{cm}.$$

- א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.
- ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת $m = 2\text{kg}$ המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?
- כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של $d = 8\text{cm}$ ומשחררים אותה ממנוחה.
- ג. מה תדירות התנועה של המסה?
- ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.
- ה. חזור על סעיף ד', אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

(2) מסה משוחררת מנקודת רפיון

מסה $m = 30\text{gr}$ תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k = 1.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

המסה מוחזקת באוויר בנקודה שבה הקפיץ רפוי ומשוחררת ממנוחה.

- א. מצא את נקודת שיווי המשקל.
- ב. מצא את המיקום כתלות בזמן, אם הכיוון החיובי כלפי מטה.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } 0.5\text{m} \quad \text{ב. } 0.9\text{m} \quad \text{ג. } \omega \approx 4.08 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ד. } y(t) = 0.08 \cos(4.08 \cdot t)$$

$$\text{ה. } y(t) = 0.08 \cos(4.08 \cdot t + \pi)$$

$$(2) \quad \text{א. } y_0 = \frac{mg}{k} \quad \text{ב. } y(t) = 0.2 \cos(7.07 \cdot t + \pi)$$

תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע:

שאלות:

(1) תוספת של כוח קבוע

גוף בעל מסה $m = 0.2\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הגוף נמצא במנוחה בנקודה שבה הקפיץ רפוי.

ב- $t = 0$ מתחיל לפעול על הגוף כוח קבוע בכיוון

החיובי $F = 0.1\text{N}$.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.

ב. מהי תדירות התנועה?

ג. מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן.

(2) כוח מפסיק בפתאומיות

גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה $A = 0.3\text{m}$.

ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע $F = 2\text{N}$ בכיוון החיובי.

א. מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל,

במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.

ב. מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה

והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.

ג. חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.

ד. חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה,

ומהירותו ברגע זה היא $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } 0.025\text{m} \quad \text{ב. } \omega = 4.47 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } x(t=0) = -x_0, v(t=0) = 0$$

$$\text{ד. } x(t) = 0.025(4.47 \cdot t + \pi)$$

$$(2) \quad \text{א. } x_0 = -0.4\text{m} \quad \text{ב. } \tilde{A} = 0.7\text{m} \quad \text{ג. } \tilde{A} = 0.1$$

אנרגיה בתנועה הרמונית:

שאלות:

1) חישובי אנרגיה

מסה $m = 2\text{kg}$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

מושכים את המסה מרחק $d = 0.2\text{m}$ מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.

- רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
- רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
- חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים $t = 0, 1, 2\text{sec}$.
- חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

תשובות סופיות:

$$1) \quad \text{א. } x(t) = 0.2 \cos(5 \cdot t) \quad \text{ב. } v(t) = 1 \cdot \sin(5 \cdot t)$$

$$\text{ג. } x(t=1) \approx 0.057\text{m}, v(t=1) \approx 0.960 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$x(t=2) \approx -0.168\text{m}, v(t=2) \approx 0.544 \frac{\text{m}}{\text{sec}}; x(t=0) \approx 0.2\text{m}, v(t=0) \approx 0$$

$$\text{ד. } t=0: E_k = 0, U = 1; t=1: E_k = 0.922\text{J}, U = 0.081\text{J}; t=2: E_k = 0.296\text{J}, U = 0.706\text{J}$$

מטוטלת מתמטית:

שאלות:

(1) חישוב אורך חוט

מצא מה צריך להיות האורך החוט של מטוטלת, על מנת שהזמן שייקח למסה לעבור מקצה אחד לקצה השני יהיה חצי שנייה.

תשובות סופיות:

(1) $l \approx 0.25\text{m}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1 תרגיל 1

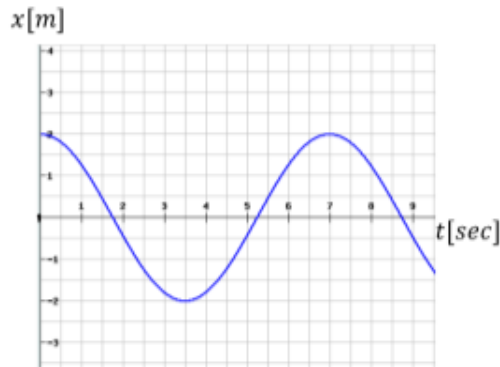
גוף בעל מסה $m = 20\text{gr}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. הגוף מתנדנד בתנועה הרמונית כך שהמרחק בין הקצוות של התנועה הוא: $d = 10\text{cm}$.

- מהי האפליטודה של התנועה?
- מהי התדירות הזוויתית?
- מהו זמן המחזור?
- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.
- רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

2 תרגיל 2

גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של $d = 0.2\text{m}$ ומשחררים ממנוחה.

- מהי התדירות הזוויתית?
- מהו זמן המחזור?
- מהי האפליטודה של התנועה?
- מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?
- רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.
- חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית $v_0 = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

**תרגיל 3 (3)**

הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.

- מהי אמפליטודת התנועה?
- מהו זמן המחזור?
- מהי התדירות הזוויתית?
- מהי הפאזה?
- רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

תרגיל 4 (4)

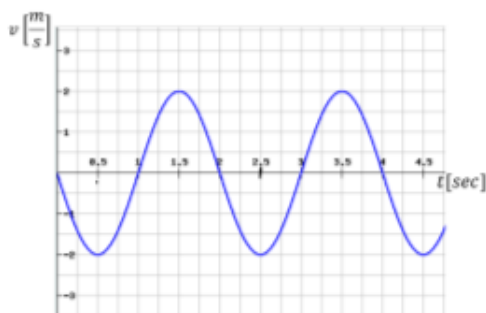
גוף בעל מסה $m = 1\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

הגוף משוחרר ממנוחה במרחק $d = 0.3\text{m}$ מנקודת שיווי המשקל.

- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.
- מצא את מיקום הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.
- מהי מהירות הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.
- מהי תאוצת הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.

תרגיל 5 (5)

מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית נתונה לפי הגרף הבא:



א. מתי מגיע הגוף לנקודת שיווי המשקל

בפעם הראשונה?

ב. האם תאוצת הגוף ב- $t = 1\text{sec}$

מקסימאלית?

ג. האם ב- $t = 1.5\text{sec}$ האנרגיה

קינטית מרבית?

ד. מהו הכוח ב- $t = 2.5\text{sec}$?

ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף

ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

תרגיל 6 (6)

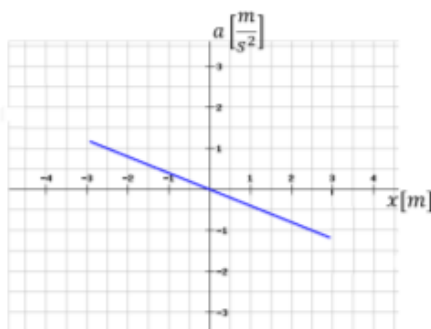
בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות

במיקום של הגוף. מסת הגוף היא $m = 20\text{g}$.

א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהי אמפליטודת התנועה?



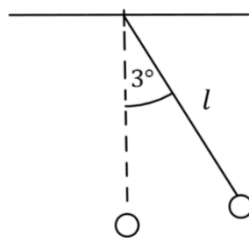
7 תרגיל (7)

גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

ב- $t = 0$ מיקום ומהירות הגוף הם: $x = 20\text{cm}$, $v = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

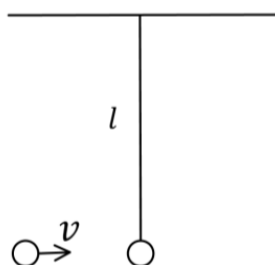
- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.
- מתי מיקומו של הגוף הוא 5cm משמאל לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?
- מתי מהירות הגוף היא $0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון החיובי?
- מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

8 תרגיל (8)

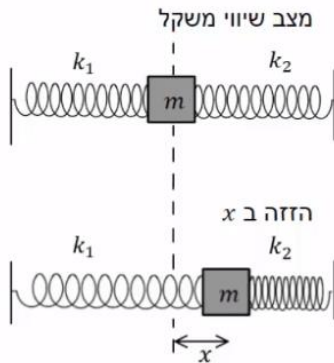


- מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l = 1\text{m}$, ומסה $m = 100\text{gr}$ בקצה, משוחררת ממנוחה מזווית של 3° .
- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?
 - כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?
 - מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?
 - בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת $m = 25\text{gr}$, הנמצאת במנוחה. מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.
 - מתי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
 - מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?
 - מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

9 תרגיל (9)



- מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l = 0.5\text{m}$, ומסה $m = 50\text{gr}$ בקצה, תלויה במנוחה.
- מסה $m = 25\text{gr}$ נעה אופקית במהירות $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.
- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנודות קטנות.
 - כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?
 - מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
 - מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

(10) מסה עם קפיצים משני הצדדים

לשני צדדיה של מסה m מחוברים שני קפיצים

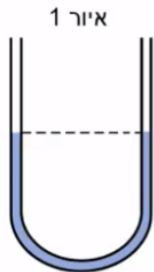
שקבועי הכוח שלהם הם: k_1 ו- k_2 .

הגוף נמצא על משטח חלק. מזיזים את הגוף ימינה מרחק x .

א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה

הרמונית פשוטה שקבועה הוא: $k_1 + k_2$.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

(11) צינור בצורת U

בתוך צינור גלילי בצורת האות U מצוי נוזל בשיווי משקל (איור 1).

אורך החלק המלא בנוזל הוא L ושטח החתך לאורך כל הצינור

הוא A . צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח) היא ρ .

נושפים בזרוע השמאלית של הצינור כך שפני הנוזל יורדים בשיעור d , ומרפים (איור 2).

א. תאר במילים את תנועת הנוזל בהנחה שלא פועלים עליו כוחות חיכוך.

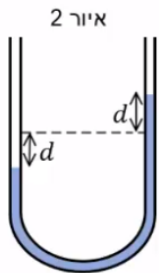
ב. הראה כי כאשר פני הנוזל נמצאים במרחק x ממצב שיווי

המשקל פועל על הנוזל כוח מחזיר: $F = -2\rho Agx$.

(הדרכה: חשב את מסת הנוזל העודפת בצד הגבוה ומשם את כוח הכובד שהיא מפעילה על שאר הנוזל).

ג. בהנחה כי $x \ll L$ הראה כי זמן המחזור של התנועה

$$\text{הוא: } T = \pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$$

**(12) מסה נופלת על קפיץ אנכי**

קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצידו האחד וללוח אופקי בצידו השני.

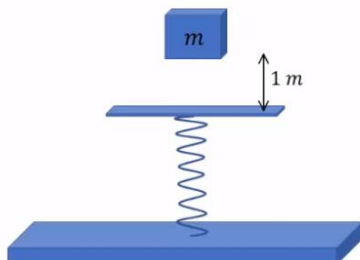
קבוע הקפיץ הוא: $400 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. מסה של $m = 2\text{ kg}$

משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח, המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח. מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.

א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?

ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?

ג. מהי משרעת התנודות?



תשובות סופיות:

- (1) א. $A = 0.05\text{m}$ ב. $\omega \approx 14.14 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ג. $T \approx 0.444\text{sec}$
 ד. $x(t) = 0.05 \cdot \cos(14.14 \cdot t)$ ה. $v(t) = -0.707 \cdot \sin(14.14 \cdot t)$
- (2) א. $\omega = 1.41 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $T \approx 4.44\text{sec}$ ג. $A = 0.2\text{m}$
 ד. $x(t) = 0.2 \cdot \cos(1.41 \cdot t)$ ה. $v(t) = -0.282 \cdot \sin(1.41 \cdot t)$
 ו. $x(t) = 0.212 \cdot \cos(1.41 \cdot t + 0.341)$, $T = 4.44\text{sec}$, $A = 0.212\text{m}$, $\omega = 1.41 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$
 ז. $v(t) = -0.299 \sin(1.41 \cdot t + 0.341)$
- (3) א. $A = 2\text{m}$ ב. $T = 7\text{sec}$ ג. $\omega \approx 0.898 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $\varphi = 0$
 ה. $v(t) = -1.80 \cdot \sin(0.898 \cdot t + 0)$
- (4) א. $x(t) = 0.3 \cos(\sqrt{3} \cdot t)$ ב. $x(t=3) \approx 0.14\text{m}$
 ג. $v(t=3) \approx -0.46 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $a(t=3) = -0.42 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
- (5) א. $t = 0.5\text{sec}$ ב. כן. ג. כן. ד. 0
 ה. 2
- (6) א. כן. ב. $k = 0.008 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $A \approx 3\text{m}$
- (7) א. $x(t) = 0.22 \cos(\sqrt{20} \cdot t - 0.42)$ ב. $t_1 = 0.5\text{sec}$ ג. $t_1 \approx 0.07\text{sec}$
- ד. $a_{\max} = 4.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
- (8) א. $\omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t \approx 0.5\text{sec}$ ג. $v_{\max} = 0.165$ ד. $u = 0.131 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$
 ה. $\omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ו. $\theta \approx 2.35^\circ$
- (9) א. $\omega = \sqrt{20} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t \approx 0.35\text{sec}$ ג. $u = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $\theta = 5.12^\circ$
- (10) א. הוכחה. ב. $T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{m}}{k_1 + k_2}}$
- (11) א. ראה סרטון. ב. הוכחה. ג. הוכחה.
- (12) א. $\Delta x_{\max} = 0.37\text{m}$ ב. $f = 2.25 \frac{1}{\text{sec}}$ ג. $A \approx 0.32\text{m}$

01611806 אקוסטיקה במדעי השמיעה והדיבור

פרק 10 - גלים

תוכן העניינים

1. גלים והתאבכות גלים 128

גלים והתאבכות גלים:

רקע:

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$

λ – אורך הגל.

f – תדירות הגל.

$$\text{חוק השבירה: } \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$$

θ – הזוויות בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת **לאנך** למשטח.

n – מקדם השבירה של כל תווך.

v – מהירות הגל בכל תווך.

$$\text{גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: } \ell = n \frac{\lambda}{2}$$

ℓ – אורך המיתר.

n – מספר נקודות הקמר (מקס"/ מינ')

λ – אורך הגל

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{d}$$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n .

n – סדר קו המקסימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{d} : \text{קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שוי-מופע}$$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .

n – סדר קו המינימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

$$\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d} : \text{נוסחת יאנג}$$

ΔX – רוחב פס האור

L – מרחק האנך למסך מהחריצים.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

$$\sin \theta_n = n \frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda : \text{קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה}$$

θ_n – הזווית למקסימום מסדר n .

d – המרחק בין שני חריצים צמודים.

N – קבוע הסריג.

$$\sin \theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n \frac{\lambda}{w} : \text{קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד}$$

θ_n – הזווית למינימום מסדר n .

X_n – מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.

L_n – המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

w – רוחב החריץ.

$$\frac{I_a}{I_0} = 10^{\left(\frac{\alpha}{10}\right)} \quad \text{עוצמה של גלי קול ביחס לסף השמע:}$$

כאשר I_a היא עוצמת הקול של α דציבל. I_0 - סף השמע של אדם.

ניתן לרשום גם את היחס בין העוצמות של שני דציבלים שונים α ו- β :

$$\frac{I_a}{I_b} = 10^{\left(\frac{\alpha - \beta}{10}\right)}$$

האנרגיה של גל קול:

$$E = I \cdot S \cdot t$$

E - האנרגיה הכוללת של גל הקול.

I - העוצמה בדציבל.

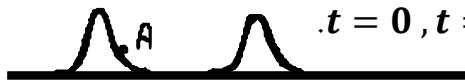
S - שטח החתך בו הגל פוגע.

t - משך הזמן שהקול פוגע בשטח החתך.

שאלות:

(1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.



מתוארת צורתו בשני זמנים שונים: $t = 0, t = 2\text{sec}$.

א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

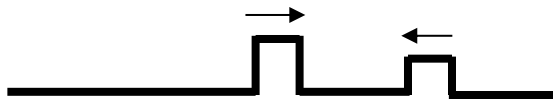
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t = 0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה B ברגע זה?

(2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v = 10 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8\text{sec}$

ב. $t = 16\text{sec}$

ג. $t = 18\text{sec}$

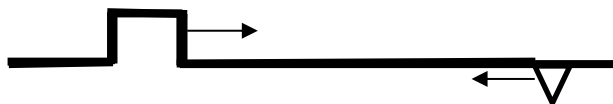
ד. $t = 22\text{sec}$

(3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת

השנייה, כמתואר בתרשים: $v = 0.5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8\text{sec}$

ב. $t = 12\text{sec}$

ג. $t = 13\text{sec}$

ד. $t = 16\text{sec}$

(4) תרגול גל 4

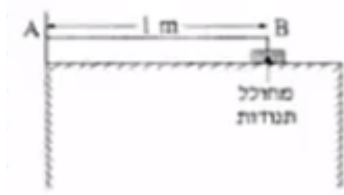
פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפולס במקרים הבאים:

א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

5 תרגול גל עומד


חוט AB, שאורכו $1m$, קשור בקצהו B למחולל תנודות, ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
 כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות, נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.
 התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד. תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda} (m^{-1})$	$\lambda (m)$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ , לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.

מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייוצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

6 תרגול גל מחזורי 1

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

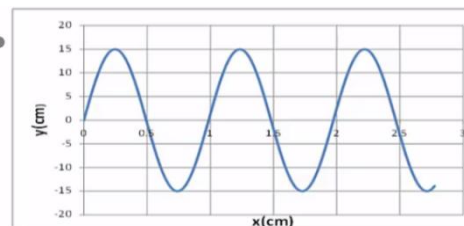
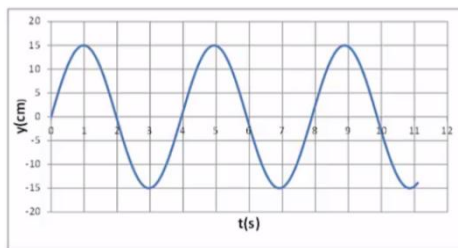
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

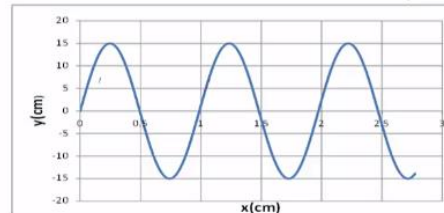
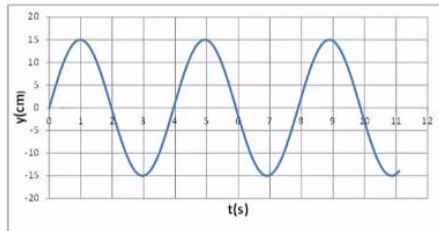
ד. מה מהירות הגל?

ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?



7) תרגול גל מחזורי 2

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת.
 מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור).
 שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.

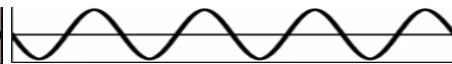

8) תרגול גל מחזורי 3

- לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני: גל מתקדם, השמאלי: גל עומד בקהל.
 א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.
 ב. שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 ג. שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 ד. בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

גל עומד



גל מתקדם


9) תרגיל 1

מהירות גל במיתר מתוח 25 מטר בשנייה. קושרים את היתר בין שני כנים שהמרחק ביניהם 3 מטר.
 מניעים את המיתר בעזרת מתנד.
 באיזו תדירות יש לנדנד אותו כך שייווצר בו גל עומד עם 12 נקודות צומת (כולל הקצוות)?

- א. 45.8 הרץ.
 ב. 70 הרץ.
 ג. 8.3 הרץ.
 ד. 75 הרץ.
 ה. 80.7 הרץ.

(10) תרגיל 2

מיתר בעל אורך 90 ס"מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהירות גל במיתר הנ"ל:

- א. $15.3 \frac{m}{sec}$
 ב. $38.6 \frac{m}{sec}$
 ג. $17 \frac{m}{sec}$
 ד. $34.3 \frac{m}{sec}$

(11) תרגיל 3

מנדנדים מיתר מתוח הקשור בשני קצותיו בתדירות 100 הרץ. אורך המיתר 3 מטר. במיתר נוצר גל עומד עם 5 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהי מהירות הגל במיתר?

- א. $150 \frac{m}{sec}$
 ב. $100 \frac{m}{sec}$
 ג. $330 \frac{m}{sec}$
 ד. $20 \frac{m}{sec}$
 ה. $340 \frac{m}{sec}$

(12) תרגיל 4

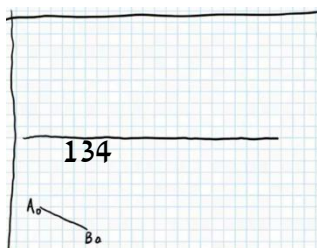
מיתר של גיטרה משמיע עם הפריטה עליו צליל בתדירות של 300 הרץ. אם רוצים להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ:

א. אין כל דרך להפיק את התדירות הנ"ל מהמיתר.
 ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.
 ג. יש לקצר את המיתר פי 3.
 ד. יש להאריך את המיתר פי 3.
 ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

(13) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים

נתון אמבט הגלים הבא בו מתקדם גל ישר A_0B_0 . באמבט קיים גם מחסום.

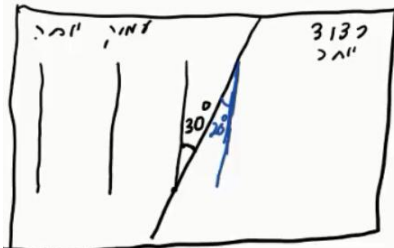
- א. הוסף לתרשים חץ המתאר את כיוון התקדמות הגל A_0B_0 .
 ב. הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהחזרה מהמחסום.
 ג. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לאור.



- ד. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לגלי מים.
 ה. הוסיפו לתרשים את חזית הגל, ברגע שבו אמצע חזית הגל נוגעת במחסום.

14) תרגול מעבר תווך גלי מים

- נתון אמבט גלים בו נע גל לפי התרשים הבא.
 במרכז האמבט מוקם מחסום כך שגובה המים בחלק הימני נמוך יותר.
 מקור גלים בקצה השמאלי של האמבט מייצר גל ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ.
 מהירות הגל במים בחלק העמוק היא 20 ס"מ לשנייה. הגל מתקדם ועובר לתווך הימני כמתואר בתרשים.
 א. מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?
 ב. מהו אורך הגל λ_1 בחלק העמוק?
 ג. מהו אורך הגל λ_2 בחלק הרדוד?
 ד. הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר מעבר גל המים לתווך הרדוד.

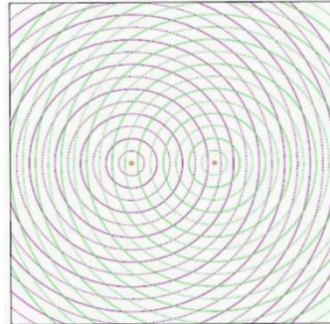


15) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

- גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.
 א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?
 ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

16) התאבכות גלי מים – תרגיל 1

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.
 קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.
 זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.


17) התאבכות גלי מים – תרגיל 2

- נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס"מ.
 המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.
 מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס"מ לשנייה.
 א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?
 ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים, האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נקי ביניים:
- A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס"מ ומהמקור השני - 2.8 ס"מ.
 - B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס"מ ומהמקור השני - 3.2 ס"מ.
 - C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס"מ ומהמקור השני - 3.4 ס"מ.
 - D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס"מ ומהמקור השני - 6.5 ס"מ.
- ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

18) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות (0,0) ו-(6,0). המקורות משדרים באורך גל של 1cm לכל הכיוונים. על ציר y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (המספרים בס"מ):

- $(0, 1.1)$ $(0, 2.5)$ $(0, 4.5)$ $(0, 8)$ $(0, 17.5)$
- $(0, 1)$ $(0, 2)$ $(0, 4)$ $(0, 8)$ $(0, 16)$ $(0, 32)$
- $(0, 6)$ $(0, 12)$ $(0, 18)$ $(0, 24)$ $(0, 30)$
- $(3, 2)$ $(4, 4.5)$ $(4, 8)$ $(4, 17.5)$
- $(0, 4.2)$ $(0, 8.7)$ $(0, 16.5)$ $(0, 0)$
- $(0, 4.5)$ $(0, 8)$ $(0, 17.5)$

19) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים ושווי מופע ממוקמים בנקודות (0,0) ו-(5,0)

(הערכים בס"מ). אורך הגל של כל אחד מהם 2 ס"מ.
 היכן על ציר y תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון? (הערכים בס"מ).

- א. $(5, 2.5)$.
- ב. $(0, 5.25)$.
- ג. $(0, 6)$.
- ד. $(0, 2.5)$.
- ה. $(0, -5.25)$.

20) שאלה 3 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0, 5)$ ו- $(0, -5)$. בנקודה $(10, 10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר ראשון (כל המספרים נתונים בס"מ)
 אורך הגל הוא בקירוב:

- א. 8.5 ס"מ.
- ב. 5 ס"מ.
- ג. 7.3 ס"מ.
- ד. 15 ס"מ.
- ה. 6.8 ס"מ.

21) שאלה 4 בהתאבכות גלי מים

באמבט גלים ממקמים שני מתנדים בשתי נקודות $(4, 2)$ ו- $(7, 6)$. המתנדים רוטטים בתדירות זהה ובאותו מופע. בנקודה $(10, 10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר שלישי.
 מהו אורך הגל? (הגדלים המספריים במטרים).

- א. $1.67m$.
- ב. $0.62m$.
- ג. $2.79m$.
- ד. $6.83m$.
- ה. $1.23m$.

(22) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2\text{mm}$. במרחק $L = 3\text{m}$ נמצא מסך.

- מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזווית קטנות?
- מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
- מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
- מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

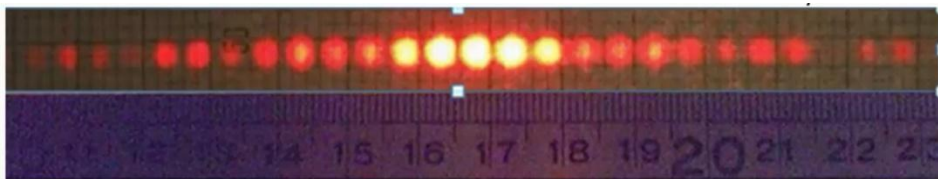
(23) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל לא ידוע על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ"מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1\text{m}$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

- מה אורך הגל של הלייזר?
- מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
- כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
- אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

(24) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ"מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית. על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



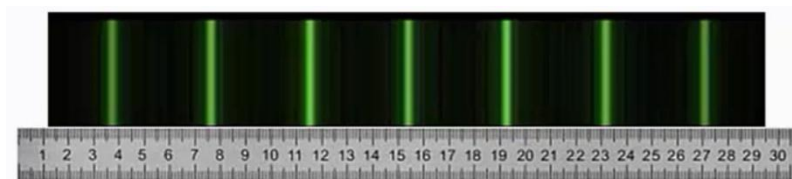
- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

(25) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4

- מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ"מ. מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר. אורך המסך 4 מטר.
- מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל-6.5 ס"מ ממרכז המסך.
- מהו אורך הגל של הלייזר?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
 - כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
 - בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

(26) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5

- מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר על סריג בעל קבוע לא ידוע, ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג.
- על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה:



- מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
- באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

(27) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

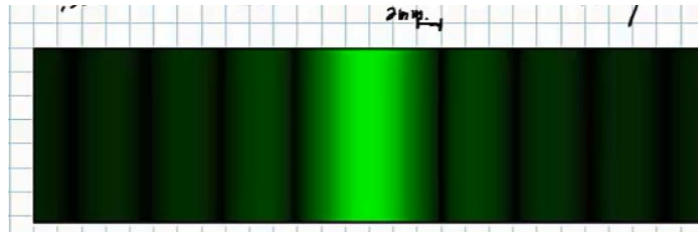
- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
 - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
 - הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

(28) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1

- תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ"מ. תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.
- מה רוחבו של המקסימום המרכזי?
 - מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

29) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:

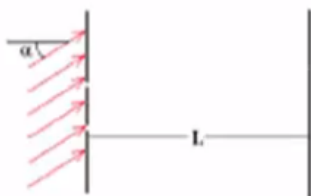


נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ"מ.

- מה רוחב הסדק?
- כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

30) שאלה בהתאבכות גלי אור

דרך משטח מישורי עם שני סדקים צרים מאוד מעבירים גל מישורי בעל אורך גל λ המתקדם בכיוון היוצר זווית קטנה α עם האנך למשטח (ראו ציור).



המרחק בין הסדקים הוא d כאשר $d \gg \lambda$. מודדים את העוצמה במרכז לוח מישורי הנמצא במרחק $L \gg d$ מהמשטח עם הסדקים, כלומר בנקודה הנמצאת מול נקודת האמצע בין שני הסדקים. העוצמה הנמדדת היא 0.

מהי הזווית הקטנה ביותר α המסבירה מדידה זו?

א. $\alpha = 0$

ב. $\alpha = \frac{\lambda}{2d}$

ג. $\alpha = \frac{2\lambda}{\pi d}$

ד. $\alpha = \frac{2\lambda}{d}$

ה. $\alpha = \frac{2\pi\lambda}{d}$

ו. $\alpha = \frac{\lambda}{\pi d}$

31) שאלה 2 בהתאבכות גלי אור

שני גלים אלקטרומגנטיים העוברים כל אחד דרך סדק צר יוצרים תבנית התאבכות

על פני מסך רחוק. הגל העובר דרך הסדק הראשון מתואר ע"י: $\vec{E}_1 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} \hat{x}$

הגל העובר דרך הסדק השני מתואר ע"י: $\vec{E}_2 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} (-\hat{y})$
היחס בין העוצמה המקסימלית לעוצמה המינימלית הוא:

א. $1 : \sqrt{2}$

ב. $1 : 0$

ג. $1 : 1$

ד. $1 : 2$

ה. $1 : 4$

ו. $2 : 3$

32) שאלה 1 – גלי קול

אם נניח, כי עוצמת סף השמע היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$

מהי העוצמה ביחידות הנ"ל בסף הכאב 140dB (כלומר, כמה $\frac{W}{cm^2}$ יש ב-140dB)?

א. $14 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$

ב. $10^{-14} \frac{W}{cm^2}$

ג. $140 \frac{W}{cm^2}$

ד. $10^4 \frac{W}{cm^2}$

ה. $10^{-2} \frac{W}{cm^2}$

33) שאלה 2 – גלי קול

פי כמה גדולה עוצמת קול של 100 דציבל מעוצמת קול של 10 דציבל?

א. פי 10

ב. פי 100

ג. פי 1,000

ד. פי 10,000

ה. פי 1,000,000

ו. פי 1,000,000,000

ז. פי 10,000,000,000

34) שאלה 3 – גלי קול

אם עוצמת הקול המינימאלית שבני אדם מסוגלים לשמוע (סף השמע) היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$, מהי עוצמת הקול באותן יחידות ב-130 דציבל (סף הכאב), וכמה אנרגיה פוגעת בעור התוף החשוף לעוצמה הזו (130dB) במשך שעה? נתון ששטחו של עור התוף כ-0.7 סמ"ר.

- א. העוצמה: $10^{-13} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: $5.3J$.
- ב. העוצמה: $10^{-3} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: $5.3J$.
- ג. העוצמה: $130 \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: $75J$.
- ד. העוצמה: $1.3 \cdot 10^{-3} \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: $2.52J$.
- ה. העוצמה: $0.001 \frac{W}{cm^2}$, וסה"כ אנרגיה בשעה: $2.52J$.

35) שאלה 4 – גלי קול

אם נניח כי עוצמת סף השמע היא: $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ ($\frac{W}{cm^2} =$ ווט לסמ"ר), מהי העוצמה I ביחידות הנ"ל ב-120dB, וכמה אנרגיה E פוגעת בעור התוף של אוזנו של אדם, החשוף לעוצמת קול זו במשך 4 שעות? הניחו ששטחו של עור התוף 0.7 סמ"ר.

- א. $E = 5.8J$ ו- $I = 12 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$.
- ב. $E = 5.8J$ ו- $I = 13 \cdot 10^{-14} \frac{W}{cm^2}$.
- ג. $E = 1.01J$ ו- $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$.
- ד. $E = 10.1J$ ו- $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$.
- ה. $E = 1.2 \cdot 10^6J$ ו- $I = 120 \frac{W}{cm^2}$.

36) שאלה 5 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא: $2.5 \cdot 10^{-11}J$. מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 20 דקות?

- א. $0.08J$.
- ב. $0.75J$.
- ג. $25J$.
- ד. $2.5 \cdot 10^{-5}J$.

ה. $5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.

37) שאלה 6 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף של אוזנו היא: $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$. מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 30 דקות?

א. 0.125 Joule .

ב. 1.130 Joule .

ג. 37.52 Joule .

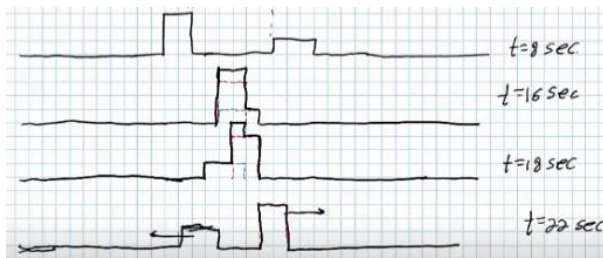
ד. $3.8 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$.

ה. $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$.

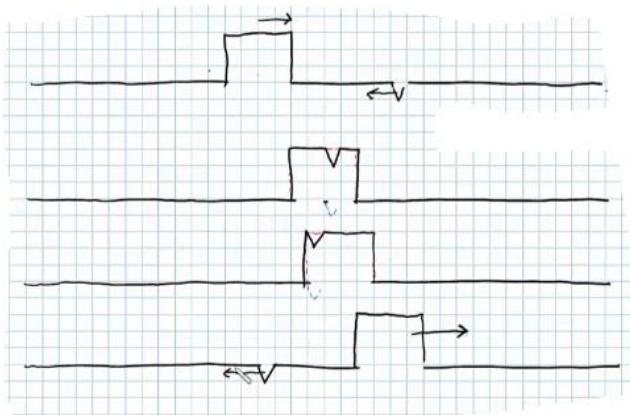
תשובות סופיות:

(1) א. $A = 0.3m$ ב. $V = 0.2 \frac{m}{sec}$ ג. למעלה. ד. למטה.

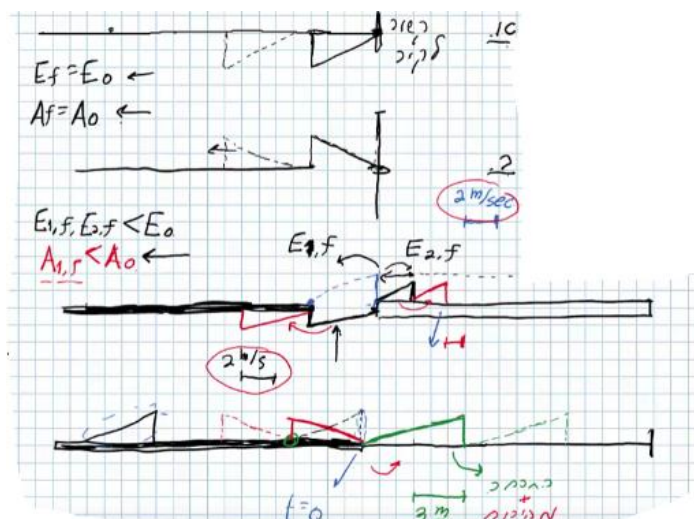
(2)



(3)



(4)

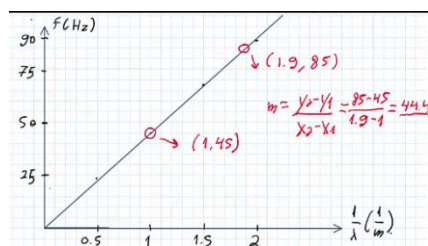


(5) א.

$\frac{1}{\lambda} (m^{-1})$	$\lambda (m)$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות (Hz)
0.5	2		24
1	1		45
1.5	$\frac{2}{3}$		67
2	$\frac{1}{2}$		88

$$f = 111 \text{ Hz} \quad \tau \quad f = v \frac{1}{\lambda} \quad \text{ג.}$$

ב.



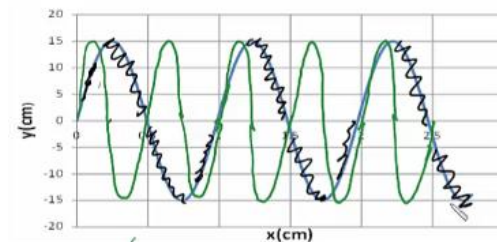
$$v = \tau$$

$$t = 4 \text{ ג.} \quad \lambda = 1 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad A = 0.15 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (6)$$

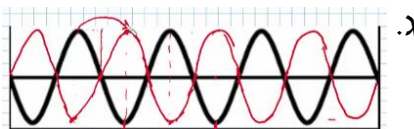
$$25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

$$(0.5, 0), (1.5, 0), (2.5, 0) \quad \text{ה.}$$

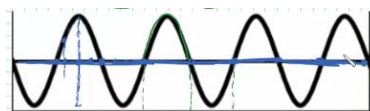
(7) הגל הירוק בשרטוט:



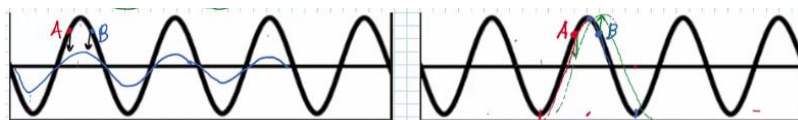
$$\lambda_2 = 80 \text{ cm} \quad \text{א. מתקדם: } \lambda_1 = 80 \text{ cm} \quad \text{עומד: } \lambda_2 = 80 \text{ cm} \quad (8)$$



ג.



ב.



ד.

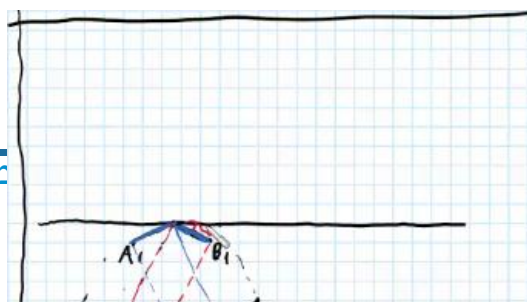
(9) א.

(10) ב.

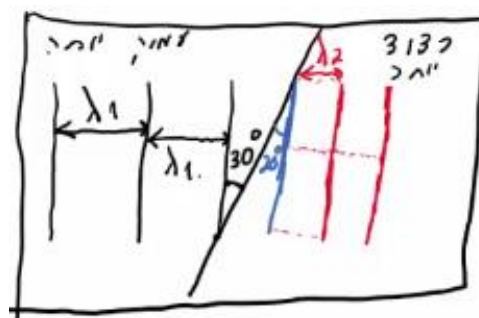
(11) א.

(12) ג.

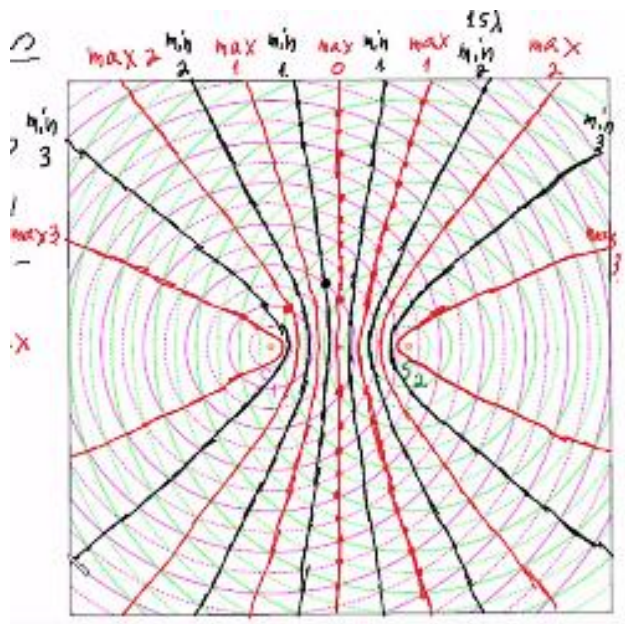
(13)



(14) א. $v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ ב. $\lambda_1 = 5\text{cm}$ ג. $\lambda_2 = 3.42\text{cm}$



(15) א. 5 ב. 0.45cm



(17) א. 1.2 ס"מ.

- ב.i. - נק' מקסימום מסדר ראשון.
 ב.ii. - נק' צומת מסדר שני.
 ב.iii. - נק' מקסימום מסדר שלישי, נק' על קו מקסימום.

iv. D - נק' ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

(18) א' מלאה ו-ו' חלקית.

(19) ב' ו-ה.

(20) ה.

(21) א'.

(22) א. 7.5nm ב. 3 ס"מ ג. $\theta = 0.93^\circ$ ד. $x_{200} = 1.73$

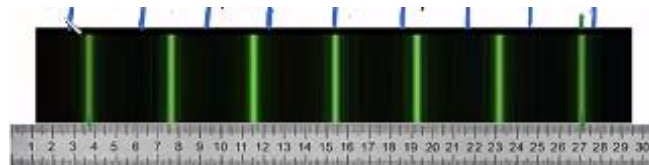
(23) א. 524 נ"מ ב. 4.72 ס"מ ג. 94 קווי חושך ד. 573 פסי מקסימום

(24) א. 5 מ"מ ב. $\lambda = 694\text{ ג}$ ג. 3λ ד. 4.5λ ה. ראה סרטון.

(25) א. 649 נ"מ ב. 13 ס"מ ג. 34.3 ס"מ ד. 27 קווים ה. 31 קווים

(26) א. $282 \frac{\text{haritsim}}{\text{cm}}$ ב. 18.1°

ג.



(27) א. 0.188 מ' ב. 10.9° ג. הוכחה.

(28) א. 6.7 מ"מ ב. 3.35 מ"מ

(29) א. 0.265 מ"מ ב. $1,000\text{ קווי צומת בתבנית}$

ג. האור ינוע בקווים ישרים ולא מבצע עקיפה.

(30) ב'.

(31) ג'.

(32) ה.

(33) ו'.

(34) ה.

(35) ג'.

(36) א'.

(37) א'.