

# מכניקה וחשמל לתזונאים



## תוכן העניינים

1	הקדמה מתמטית לקורס
4	מבוא
11	קינמטיקה - תנועה בקו ישר
28	וקטורים
39	נפילה חופשית וזריקה אנכית
47	קינמטיקה - תנועה במישור
54	תרגילים לחזרה עד לחלק זה
56	דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)
88	עבודה ואנרגיה
113	תנועה מעגלית
121	תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל
(ללא ספר)	מבוא למבנה החומר
127	הכוח החשמלי- חוק קולון
131	השדה החשמלי
(ללא ספר)	חוק גאוס ברמה איכותית בלבד
134	תנועה בשדה חשמלי אחיד
136	מוליכים
139	מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית
149	זרם מתח ותנגדות
157	אנרגיה והספק במעגל החשמלי
162	חיבור נגדים וחוקי קירכהוף
171	קבלים
184	גלים

# תוכן העניינים

24. הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה.....201

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס

תוכן העניינים

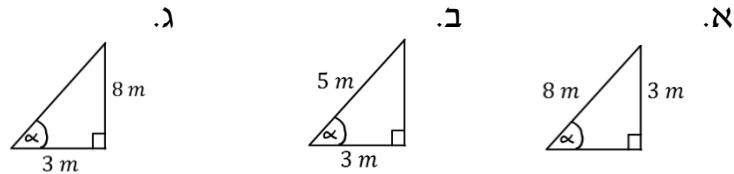
1. 0. פונקציות טריגונומטריות..... 1
2. 1. משוואת הקו הישר..... 2
3. 2. הפרבולה..... 3

## פונקציות טריגונומטריות:

### שאלות:

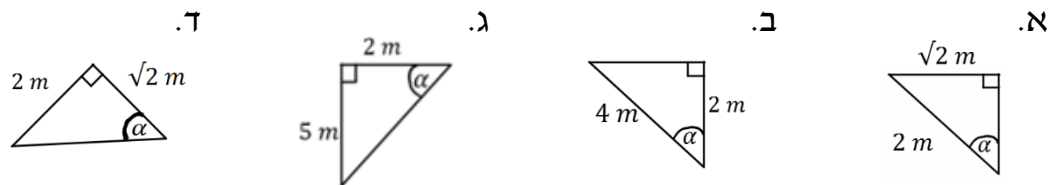
#### (1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



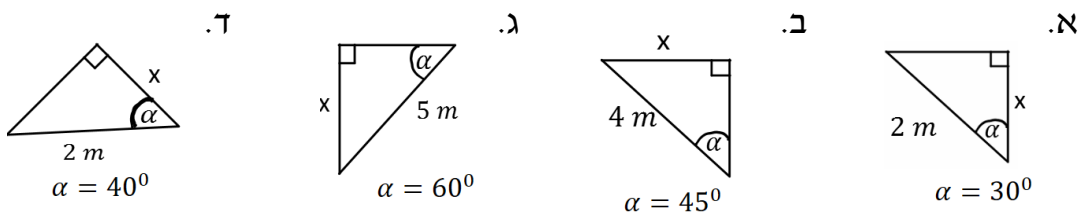
#### (2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



#### (3) מציאת ניצבים

חשב את  $x$  במקרים הבאים:



### תשובות סופיות:

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

## משוואת הקו הישר:

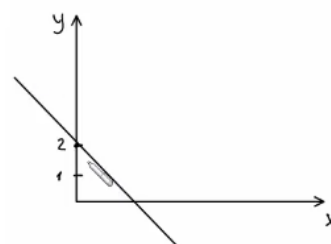
שאלות:

### 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:

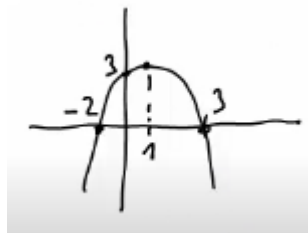
### שאלות:

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

- א. מצא את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.  
 ב. קבע האם הפרבולה מחייכת או עצובה, ושרטט איור מקורב של הפרבולה לפי הנתונים שקיבלת.

### 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.



# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 2 - מבוא

תוכן העניינים

1. מעברים בין יחידות..... 4
2. יחידות פיזיקאליות..... 6
3. צפיפות..... 7
4. צורת כתיבה ורמת דיוק..... (ללא ספר) 4
5. הערכת סדרי גודל..... 8
6. תרגילים..... 9

## מעברים בין יחידות:

### שאלות:

(1) דוגמה 1 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

נתון:  $A = 2\text{km}$ ,  $B = 10\text{gr}$ .

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

(2) דוגמה 2 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

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

חשב את הגדלים הבאים ביחידות של m.k.s:

א.  $D = 2 \cdot A$

ב.  $E = \frac{5 \cdot B \cdot C}{A}$

(3) מעבר יחידות בחזקות

מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:

א.  $A = 1\text{m}^2$

ב.  $B = 1\text{m}^3$

(4) סנטימטר בשלישית

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

א.  $5 \cdot 2\text{m}^3$

ב.  $320\text{mm}^3$

ג.  $0.0054\text{km}^3$

(5) ליטר - דוגמה

הבע את הגדלים הבאים ב-liter.

א.  $5\text{m}^3$

ב.  $5\text{mm}^3$

### תשובות סופיות:

- |                                    |   |                                     |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|
|                                    |   | 20m · kg (1)                        |
|                                    | ב. $37.5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{sec} \cdot \text{kg}}{\text{m}}$ | א. $4\text{m}^2$ (2)                |
|                                    | ב. $10^6 \text{cm}^3$   | א. $10^4 \text{cm}^2$ (3)           |
| ג. $5.4 \cdot 10^{12} \text{cm}^3$ | ב. $0.32 \text{cm}^3$   | א. $5.2 \cdot 10^6 \text{cm}^3$ (4) |
|                                    | ב. $5 \cdot 10^{-6} \text{liter}$                                   | א. $5 \cdot 10^3 \text{liter}$ (5)  |

## יחידות פיזיקאליות:

שאלות:

(1) תרגיל

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

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.  $2.66 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ . ג.  $4\text{m}^2$

## צפיפות:

### 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:  $10^{-10} \text{ m}$ .

#### (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:  $2 \text{ c.m}$ .

#### (4) אטומים בגרגיר חול

רדיוס אטום הוא בערך:  $10^{-7} \text{ c.m}$ . רדיוסו של גרגיר חול הוא:  $10^{-2} \text{ c.m}$ . 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:**

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

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

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

$$N = 10^{15} \quad \text{(4)}$$

$$750,000 \quad \text{(5)}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 3 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר

תוכן העניינים

11	1. העתק.....
12	2. תנועה במהירות קבועה.....
16	3. מהירות ממוצעת.....
18	4. תאוצה.....
23	5. תרגול.....

## העתק:

### 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)  $-3\text{m}$

(2) בדרך הלוך:  $30\text{m}$ , הכיוון חיובי; בדרך חזור:  $-30\text{m}$ , הכיוון שלילי.

(3) העתק:  $\Delta x = 0$ , דרך:  $s = 200$ .

## תנועה במהירות קבועה:

### 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-  $t = 2\text{sec}$  הוא  $x = 3\text{m}$ . לאחר 4 שניות מיקומו הוא:  $x = -2\text{m}$ . מצא את מהירותו, אם ידוע שהיא קבועה.

#### (3) תנועה ביחס ל-A

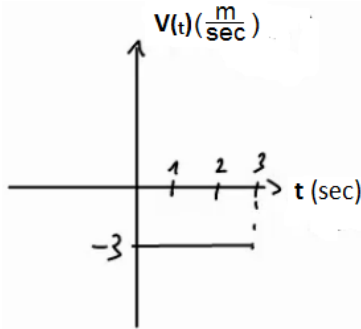
גוף נע בקו ישר במהירות קבועה של:  $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ . ברגע  $t = 0$  הגוף חולף בנקודה A. א. מהו מיקומו של הגוף ברגעים:  $t = 2\text{sec}$  ו-  $t = 8\text{sec}$  ביחס לנקודה A? ב. כעבור כמה זמן חלף הגוף במרחק 200 מטר מהנקודה A?

#### (4) גוף חולף דרך שתי נקודות

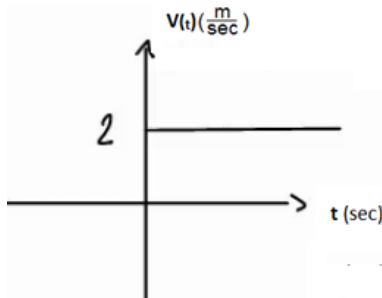
גוף נע במהירות קבועה לאורך קו ישר, ברגע  $t = 2\text{sec}$  מיקומו הוא  $x = 2\text{m}$ , וברגע  $t = 6\text{sec}$  הוא חולף בנקודה ששיעורה  $x = 10\text{m}$ . א. מהי מהירות הגוף? ב. היכן יהיה הגוף ברגע  $t = 0$ ? ג. מצא את הנוסחה עבור מיקום הגוף כפונקציה של הזמן. ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים? ה. כמה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

#### (5) גוף נע שמאלה

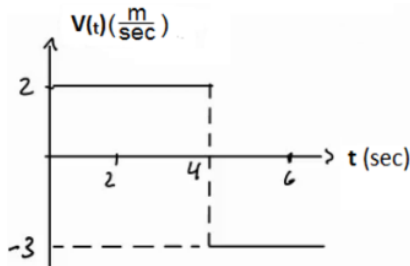
גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה  $6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ . ברגע  $t = 0$  מיקום הגוף הוא:  $x = 50\text{m}$ . בחר את כיוון ציר ה- $x$  ימינה והנח שהגוף נע שמאלה. א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן? ב. היכן נמצא הגוף ב-  $t = 2\text{sec}$  וב-  $t = 3\text{sec}$ ? ג. מתי יהיה הגוף במרחק  $x = 20\text{m}$  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.
- שרטט גרף מקום-זמן של תנועת המכונית. איזה גודל פיסיקלי מייצגים שיפועי הישרים?
  - רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.
  - 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 זאת 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.
- הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.
  - כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.
  - כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.
  - כמה זמן לאחר זאת האופנוע לדרכו הוא יחלוף על פני המכונית? מה מיקומם של האופנוע והמכונית ברגע זה?

**תשובות סופיות:**

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

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

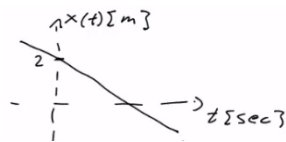
(3) א.  $x(t=8)=40m$ , ב.  $x(t=2)=10m$ , ג.  $t=40sec$

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

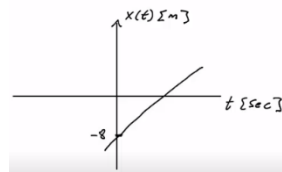
(5) א.  $x(t) = 50 - 6t$ , ב.  $x(t=2) = 38m$ , ג.  $x(t=3) = 32m$

ג.  $t(x=20) = 5sec$ , ד.  $t(x=-10) = 10sec$

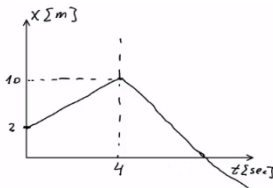
(6) א.  $S = -6m$ , ב.  $x(t) = 2 - 3t$ , ג.



(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.

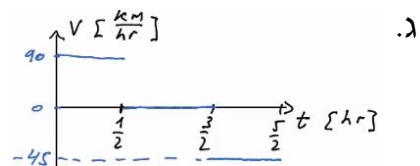
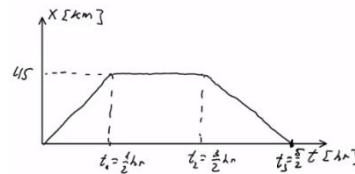


(9) א. חולפות ב-  $t = 10sec$ , ומיקומן הוא  $x_{a,b}(t=10) = 60m$

ב.  $t_1 \approx 7.78sec$  או  $t_2 \approx 12.22$

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

(10) א. השיפועים מייצגים מהירות.



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

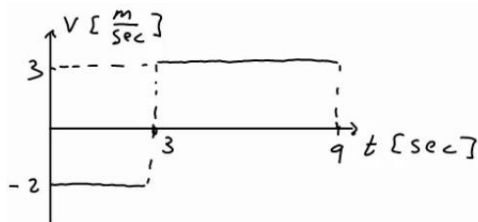
ב.  $x(t) = 80t$ , ג.  $x(t) = 340 + (-120)\left(t - \frac{1}{2}\right)$ , ד.  $t = 2hr$ ; ה.  $x = 160km$

## 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.

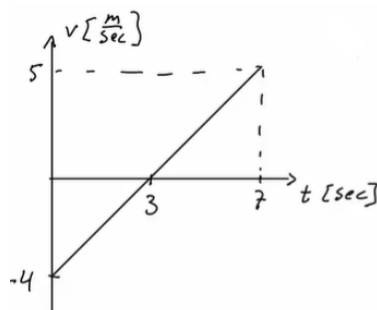
א. מצא את המהירות הממוצעת של אורי (velocity).

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) צריכה 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:**

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

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

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

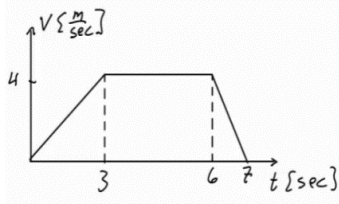
$$2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \bar{v} = \frac{4}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}}, |\bar{v}| = \frac{16}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (4)$$

## תאוצה:

### שאלות:

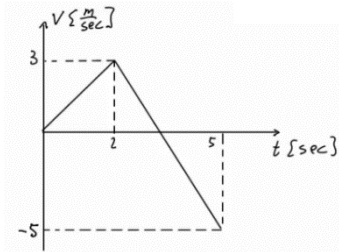
- (1) מטוס מאיץ בתאוצה קבועה**  
 מטוס מתחיל להאיץ ממנוחה בתאוצה קבועה.  
 לאחר 10 שניות הגיע המטוס למהירות 150 מטר לשנייה.  
 מהי תאוצת המטוס?
- (2) משאית מאיצה**  
 משאית נוסעת במהירות של 72 קמ"ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ"ש.  
 מהי תאוצת המשאית?
- (3) אופנוע מאיץ ממנוחה**  
 אופנוע מתחיל 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) תאוטה**  
 לפניך מספר מקרים בהם רכב משנה את מהירותו. מצא בכל מקרה את תאוצת הרכב וציין האם הרכב האיץ או שהרכב נמצא בתאוטה:

  - 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**

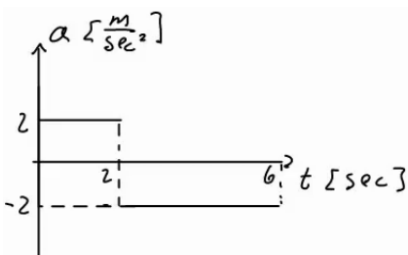
דנה מתחילה לרוץ ממנוחה בתאוצה קבועה השווה ל-2 מטר לשנייה בריבוע. א. מצא את המהירות של דנה לאחר 1, 2, ו-3 שניות. ב. מצא את המיקום של דנה לאחר 1, 2, 3 ו-4 שניות. ג. שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

**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:**

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

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

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

(4)  $t = 23sec$

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

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

המהירות שלילית - בתאוצה ( $V < 0$ ).

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

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

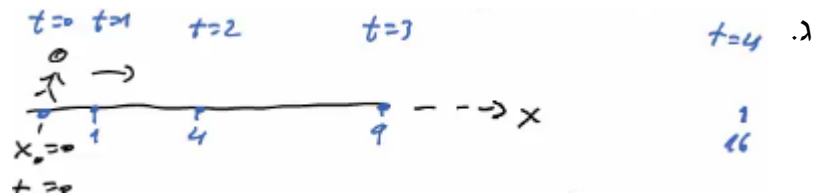
חלק 3 - כאשר  $0 \leq t \leq 3$  או  $a_3 = -4 \frac{m}{sec^2}$  - בתאוטה.

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

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

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

ב.  $X(t=1) = 1^2 m$ ,  $X(t=2) = 4m$ ,  $X(t=3) = 9m$ ,  $X(t=4) = 16m$



(9)  $t_1 = 18.79$

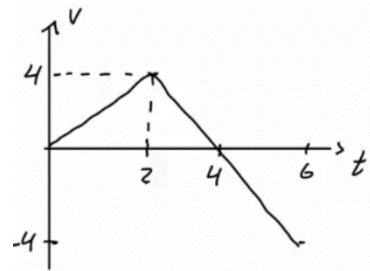
10 א. הזמן:  $t = 8.16 \text{ sec}$ , המיקום:  $16.65 \text{ m}$ .

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  $2 < t < 6$ ,  $X(t) = 4 + 4(t-2) + \frac{1}{2}(-2)(t-2)^2$ .

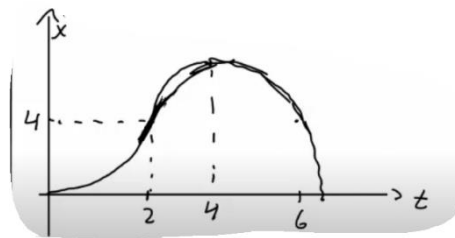
ג. שרטוט עבור מהירות:



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:

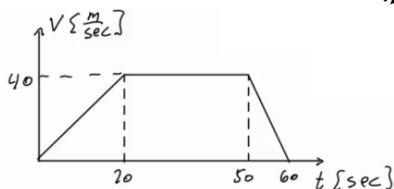
#### (1) מאפס לארבעים בעשר שניות

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'.

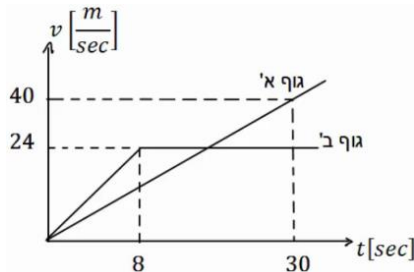
#### (3) דני שכח את הפלאפון

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**

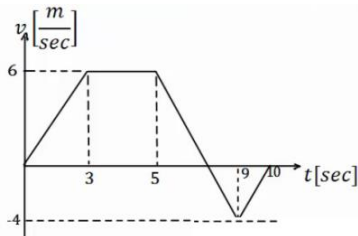
בגרף הבא מתוארות המהירויות של שני גופים, כתלות בזמן. הנח ששני הגופים נעים לאורך קו ישר ויוצאים מהראשית.



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

**5) 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.

**6) 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-  $t = 0$ )?

- (7) 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  $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ . 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.
- (8) 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).
- (9) 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.  $V_F \approx 21.91 \frac{m}{sec}$

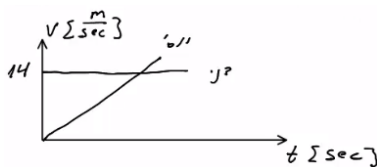
(2) א. כאשר  $0 \leq t \leq 20$  (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.  
כאשר  $20 \leq t \leq 50$  (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.  
כאשר  $50 \leq t \leq 60$  (חלק III), התאוצה קבועה ושליילית - תאוצה - והמיקום הולך וגדל.

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

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

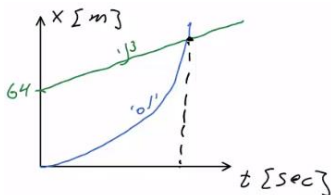
ד.  $x(t=15) = 225m$ ,  $x(t=40) = 1,200m$ ,  $x(t=55) = 1,750m$

(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.

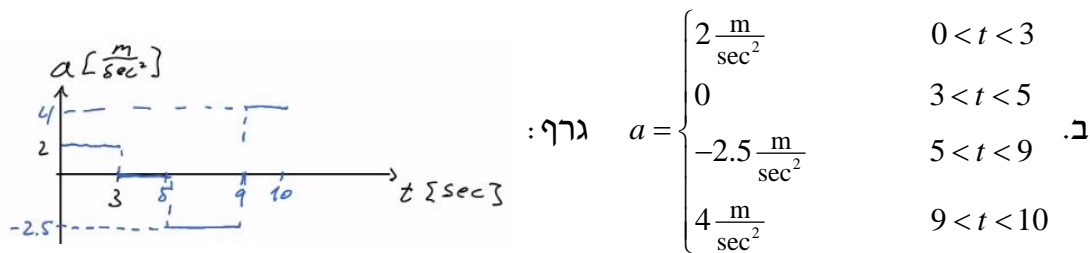
ב. גוף א':  $\frac{2}{3}t^2$ , גוף ב': כאשר  $0 \leq t \leq 8$ , כמו גוף א'.

כאשר  $8 \leq t < \infty$ ,  $x(t) = 96 + 24(t-8)$

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

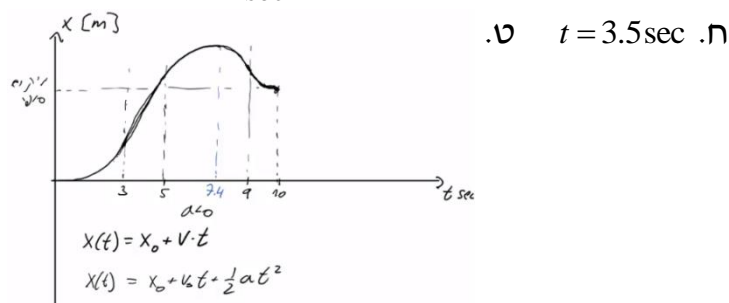
ד.  $t = 18sec$  ה. כש-  $t = 31.42sec$ .

- 5) א. 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.  
 תאוטה 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, תאוטה. התקדמות בכיוון הנגדי.



ג. בזמן : 7.4sec ; המרחק : 28.2m.

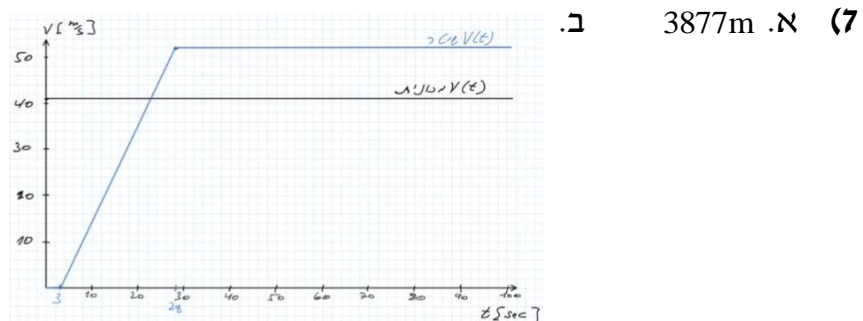
ד.  $S = 33.4m$  ה.  $\Delta x = 23m$  ו.  $\bar{V} = 2.3 \frac{m}{sec}$  ז.  $\Delta x = x(t=6) = 25.75m$



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

ג.  $x(t=1.65) = 0 ; x(t=0) = -19$

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



8)  $T = 58sec$

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

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 4 - וקטורים

תוכן העניינים

28	.....	1. הגדרות סימונים והצגות
32	.....	2. פעולות בין וקטורים
35	.....	3. מכפלה סקלרית
38	.....	4. וקטור יחידה

## הגדרות סימונים והצגות:

### 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.

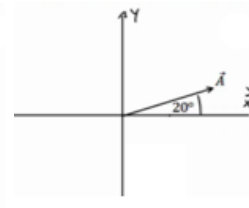
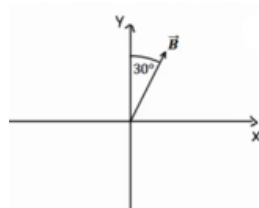
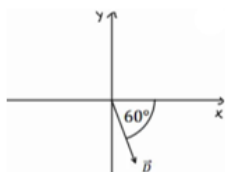
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):

א.

ב.

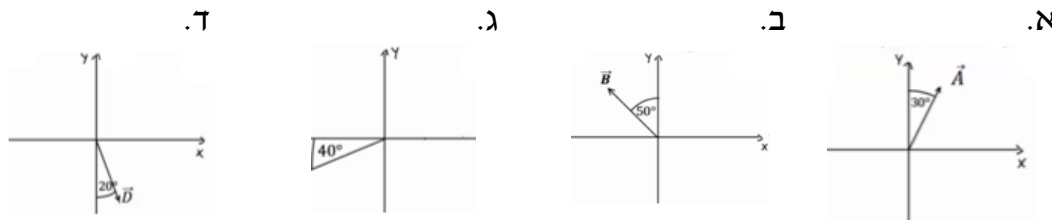
ג.

ד.



**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.  $\vec{C} = (0, -3)$

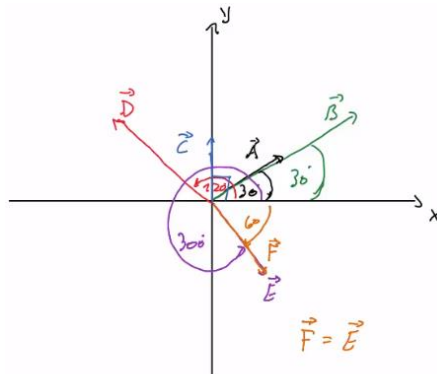
ד.  $\vec{D} = (2, -2)$

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

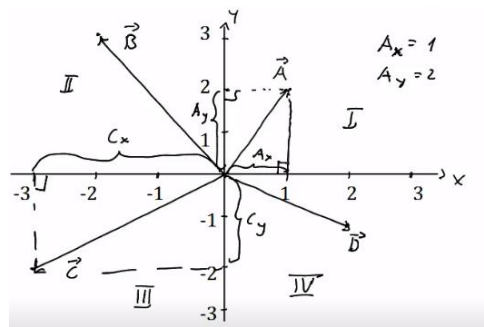
ו.  $E_y = -1$ ,  $|\vec{E}| = 3$  הוקטור ברביע השלישי.

**תשובות סופיות:**

1) ראו שרטוט:



2) ראו שרטוט:



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

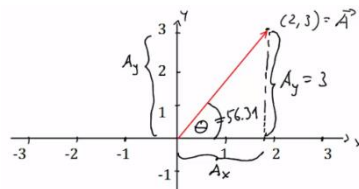
$\vec{C} = (-2.30, -1.93)$  .ג       $\vec{B} = (-2.30, 1.93)$  .ב       $\vec{A} = \left(\frac{3}{2}, 2.60\right)$  .א (4)

$\vec{D} = (-2.30, -1.93)$  .ד

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

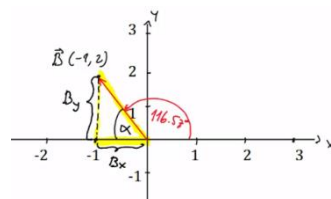
$\theta_B = 255.96^\circ$  ;  $|\vec{B}| = 2.06$  .ב       $\theta_A = -26.57 = 333.43^\circ$  ;  $|\vec{A}| = \sqrt{5}$  .א (6)

$\theta_A = 56.31^\circ$  ;  $|\vec{A}| = \sqrt{13}$



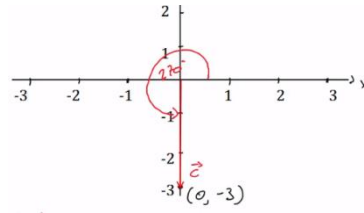
א. שרטוט: (7)

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



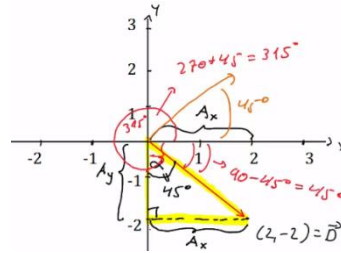
ב. שרטוט:

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



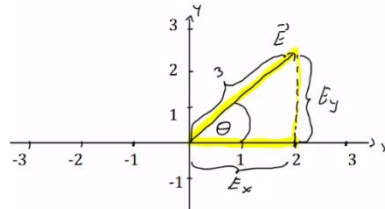
ג. שרטוט:

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



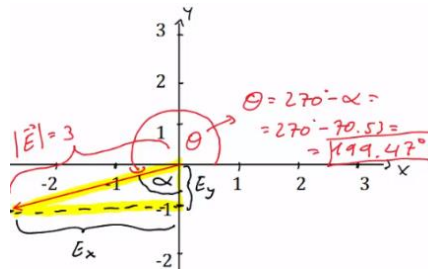
ד. שרטוט:

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



ה. שרטוט:

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

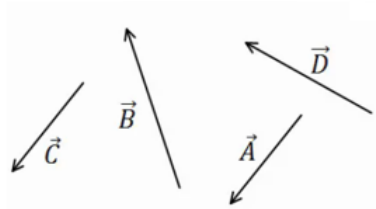


ו. שרטוט:

## פעולות בין וקטורים:

### שאלות:

- (1) חיבור וקטורים לפי סימונים  
מצא את:  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} + \vec{D} = \vec{E}$ .



- (2) דוגמה 1  
נתונים הוקטורים הבאים:

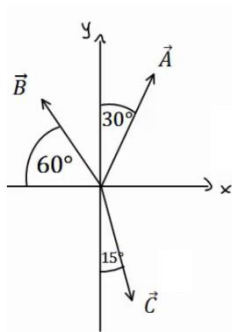
$$|\vec{A}| = 3, \theta_A = 30^\circ$$

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

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

- א. שרטט את הווקטורים על גבי מערכת צירים.  
ב. שרטט את גודלן וכיוונן של הווקטור:  $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$ .  
שרטט את הווקטור  $\vec{D}$  על אותה מערכת צירים.

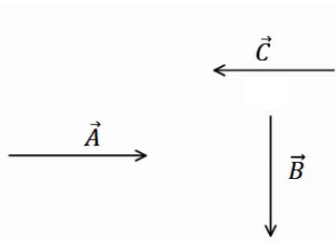
- (3) דוגמה 2



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

- (4) חיסור לפי סימונים

- בציור נתונים הווקטורים:  $\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}$ .  
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 :

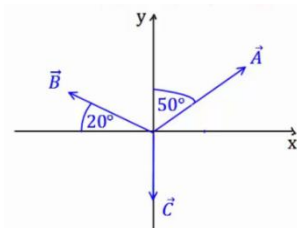
א.  $\vec{D} = -2\vec{B}$

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 הוקטור  $\vec{A}$  הוא 2 והזווית שהוא יוצר עם ציר ה- $x$  החיובי היא  $30^\circ$ .

א. שרטט את הוקטור 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  $\vec{A}$ .

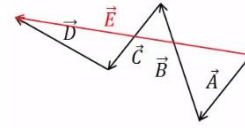
ד. חשב שוב את  $\vec{B} = 3 \cdot \vec{A}$ . הפעם דרך הרכיבים של  $\vec{A}$ .

ה. מצא את גודלו וכיוונו של  $\vec{B}$  מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.

הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

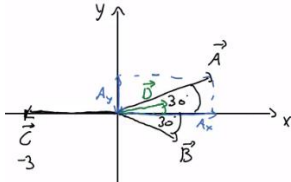
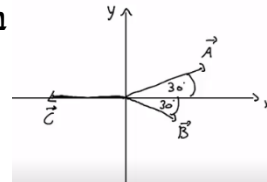
**תשובות סופיות:**

(1)



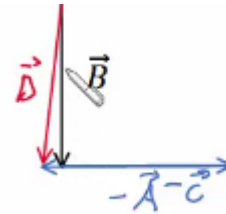
ב.  $|\vec{D}| = 1.42, \theta_D = 20.60^\circ$

(2) א.



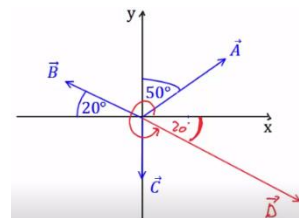
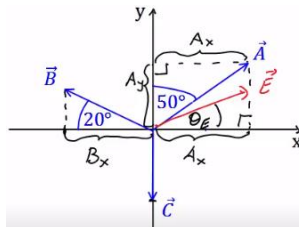
(3)  $|\vec{D}| = 3.46, \theta_D = 58.84^\circ$

(4)

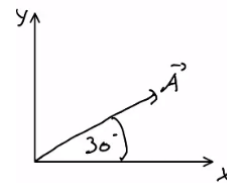
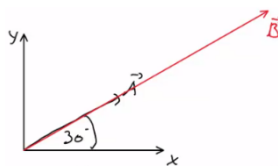


(5) א.  $\vec{D} = (2, -8)$  ב.  $\vec{E} = (10, 7)$  ג.  $\vec{F} = (-4, -12)$

(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:

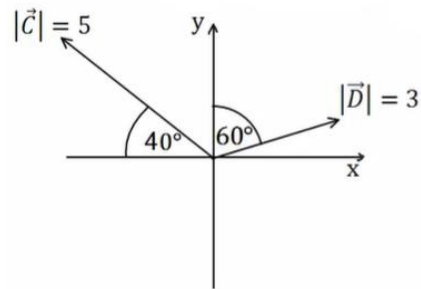
### שאלות:

#### (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'.

## דוגמה 4 (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).

## דוגמה 5 (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.  $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C})$

## דוגמה 6 (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.  $\frac{(\vec{B} \cdot \vec{C}) \vec{C}}{|\vec{C}|^2}$

## דוגמה 7 (7)

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

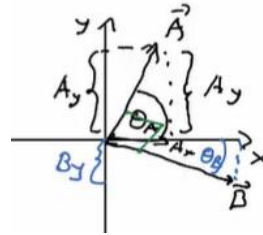
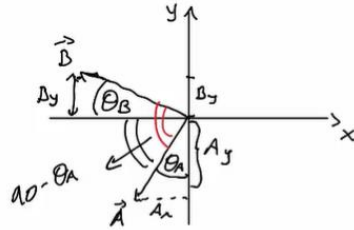
מצא את הזווית בין  $\vec{A}$  ל- $\vec{B}$  ובין  $\vec{B}$  ל- $\vec{C}$ .

**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.  $\alpha_{\vec{A}\vec{B}} = 153.43^\circ, \alpha_{\vec{B}\vec{C}} = 150.26^\circ$

## וקטור יחידה:

שאלות:

1) דוגמה וקטור יחידה  
מצא וקטורי יחידה בכיוון של הוקטורים הבאים:

א.  $\vec{A} = (-2, -3)$

ב.  $\vec{B} = (3, 4)$

תשובות סופיות:

1) א.  $(-0.55, -0.83)$       ב.  $(0.6, 0.8)$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 5 - נפילה חופשית חריקה אנכית

תוכן העניינים

39	.....	1. נפילה חופשית
40	.....	2. זריקה אנכית
42	.....	3. תרגילים

## נפילה חופשית:

### שאלות:

#### (1) כדור ברזל קטן

- כדור ברזל קטן משוחרר ממנוחה ממעלי מגדל מאוד גבוה (הזנח את התנגדות האויר).  
 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 האויר).  
 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) א.  $80\text{m}$       ב.  $40\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

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

(3) א.  $\Delta y = 35\text{m}$       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.
- מתי יעבור הכדור את חלונו של צחי?
  - מה תהיה מהירות הכדור באותו הרגע?
  - 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 הציור החיובי כלפי מעלה ואת ראשית הציורים בנקודת הזריקה.
- רשום נוסחאות מקום-זמן ומהירות-זמן עבור הכדור.
  - הכן טבלה ורשום בה את הערכים של המיקום והמהירות ב-6 השניות הראשונות.
  - צייר את מיקום הכדור בכל שנייה ב-6 השניות.
  - מתי יפגע הכדור בקרקע?
  - חזור על סעיפים א' ו-ד' במקרה שבו ראשית הציורים בקרקע.

#### 3) רועי קופץ לבריכה

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

## תשובות סופיות:

$$V(y=15) \approx 18.03 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad V(t=0.93) = 14.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad 0.93 \text{sec} \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$V(t) = 20 - 10t \quad \text{מהירות-זמן:} \quad y(t) = 20t - 5t^2 \quad \text{מקום-זמן:} \quad (2)$$

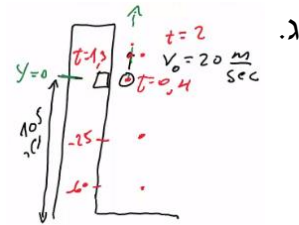
ב.

זמן (בשניות)	מיקום (במטרים)	מהירות (מטרים לשנייה)
1	15	10
2	20	0
3	15	-10
4	0	-20
5	-25	-30
6	-50	-40

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

$$V(t) = 20 - 10t \quad \text{מהירות-זמן:} \quad (ב)$$

$$7 \text{sec} \quad \text{ד.}$$



$$t \approx 1.63 \text{sec} \quad \text{ד.} \quad -14.28 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad 0.2 \text{m} \quad \text{ב.} \quad t = 0.2 \text{sec} \quad \text{א.} \quad (3)$$

## 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.
- א. רשום את הפונקציות: מקום-זמן, מהירות-זמן ותאוצה-זמן, של הגוף.  
 ב. ערוך טבלה של מהירותו ומיקומו בזמנים:  $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5 \text{ sec}$ .  
 ג. 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  $v_0$ .
- א. רשום נוסחת מקום-זמן לכל גוף כפונקציה של  $v_0$ .  
 ב. מה צריך להיות  $v_0$  על מנת שהכדורים לא יחלפו זה על פני זה?  
 ג. רשום נוסחת מקום – זמן לכל גוף, בהנחה שהערך של  $v_0$  הוא הערך המקסימלי שמקיים את התנאי של סעיף ב'.  
 ד. 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.

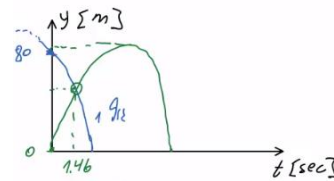
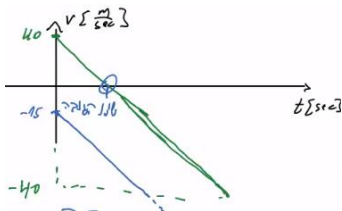
- א. האם המורה צודק? לאיזה גובה יגיע הכדור אם הילד קופץ ומיד זורק את הכדור כלפי מעלה? הניחו שמהירות הקפיצה של הילד היא  $v_1$  ומהירות הזריקה של הכדור  $v_2$  ביחס לילד היא אותו הדבר. הניחו שזריקת הכדור לא משפיעה על הילד.
- ב. בטאו את ההעתק של הילד ושל הכדור כפונקציה של הזמן בו הילד זורק את הכדור.

**תשובות סופיות:**

(1) א.  $v_F = 60 \frac{m}{sec}$  ב. 480m ג. 25.8sec ד.  $-97.98 \frac{m}{sec}$

(2) א. גוף 1 - כדור:  $y_1(t) = 80 + (-15)t - 5t^2$ , גוף 2 - ריבוע:  $y_2(t) = 40t - 5t^2$   
 ב. יגיע בדיוק לגובהו. ג. 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:



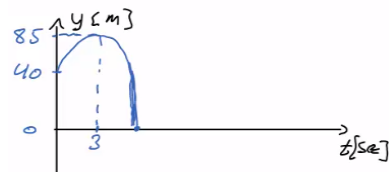
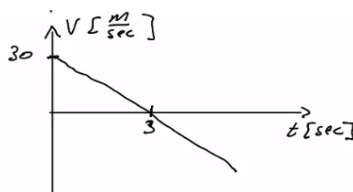
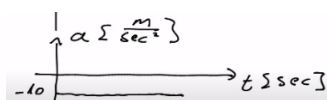
(3) א. מקום-זמן:  $y(t) = 40 + 30t - 5t^2$ , מהירות-זמן:  $v(t) = 30 - 10t$   
 תאוצה-זמן:  $a = -10$

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

תאוצה-זמן:

מהירות-זמן:

ג. מקום-זמן:

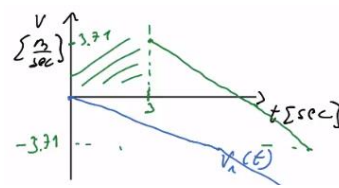


(4) א.  $t = 2 \text{ sec}$  ב. 20m ג.  $v(t) = -52.9 \frac{m}{sec}$

(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:  $v_1(t = 3.74) \approx -3.69 \frac{m}{sec}$ , כדור 2:  $v_2(t = 3.74) = -37.4 \frac{m}{sec}$



ה. שרטוט:

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

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

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

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

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 6 - קינמטיקה - תנועה במישור

תוכן העניינים

47 ..... 1. תנועה במישור

## תנועה במישור:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה- $x$  כתלות בזמן הוא:  $x(t) = 2t$ , ומיקומו בציר ה- $y$  כתלות בזמן הוא:  $y(t) = 3t^2$ .

- שרטט על גבי מערכת צירים דו מימדית את מיקום הגוף ב- $t = 0, 1, 2, 3 \text{ sec}$ .
- רשום את הערך של וקטור מיקום הגוף בכל אחד מן הרגעים, ושרטט את וקטור המיקום בכל רגע על מערכת הצירים.
- רשום נוסחה לוקטור המיקום כתלות בזמן.

#### (2) דוגמה 2

גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה- $x$  כתלות בזמן הוא:  $x(t) = 4 + 3t$ , ומיקומו בציר ה- $y$  כתלות בזמן הוא:  $y(t) = 2t^2$ .

- רשום את וקטור המיקום כתלות בזמן ומצא את מיקום הגוף ב- $t = 1, 2 \text{ sec}$ .
- רשום את ההעתק של הגוף בחמש השניות הראשונות של התנועה.
- מצא את ההעתק שביצע הגוף מ- $t = 2 \text{ sec}$  עד  $t = 4 \text{ sec}$ .

#### (3) דוגמה 3

גוף נע במישור, כך שמיקומו כתלות בזמן בציר ה- $x$  הוא:  $x(t) = 2t - 3$ , ומיקומו בציר ה- $y$  כתלות בזמן הוא:  $y(t) = t^2$ .

- מצא את וקטור המיקום של הגוף כתלות בזמן.
- מצא את ההעתק שביצע הגוף בין  $t = 3 \text{ sec}$  ל- $t = 5 \text{ sec}$ .
- מצא את המהירות הממוצעת במרווח הזמן של סעיף ב'.

#### (4) גוף נזרק אופקית מגובה רב

גוף נזרק אופקית במהירות של 10 מטר לשניה מגובה רב. מה יהיו מיקומו, ביחס לנקודת הזריקה, ומהירותו, לאחר 4 שניות?

**5) גוף נזרק אופקית מגג בניין**

גוף נזרק אופקית מגג בניין שגובהו 40 מטר.

א. מתי יפגע הגוף בקרקע?

ב. היכן יפגע הגוף בקרקע אם מהירות הזריקה היא 15 מטר לשנייה?

ג. מהו גודל מהירות הגוף בזמן הפגיעה בקרקע ומהי כיוונה?

**6) חבילת סיוע לכפר**

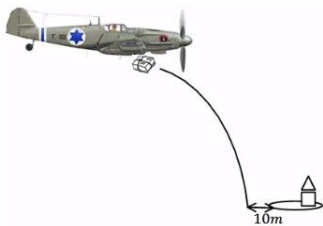
מטוס טס במהירות קבועה של 200 מטר לשנייה בגובה של 3000 מטר. המטוס רוצה לשחרר חבילת סיוע לכפר הנמצא מתחתיו.

א. מצא את המרחק האופקי מהכפר שבו צריך

המטוס לשחרר את החבילה על מנת שתנחת

בדיוק 10 מטר לפני הכפר.

ב. מהי הזווית בה רואה המטוס את הכפר באותו רגע?


**7) משוואת מסלול**

מצא את משוואת המסלול ושרטט את המסלול על מערכת צירים עבור המסלול

$$\text{הבא: } x(t) = \sqrt{3+t^2}, y(t) = \sqrt{7-t^2}$$

הנח ש- $x$  ו- $y$  תמיד חיוביים.

**8) זריקה משופעת**

גוף נזרק במהירות של 40 מטר לשנייה בזווית של 30 מעלות ביחס לציר האופקי.

א. מצא את מיקום ומהירות הגוף ב- $t = 2\text{sec}$ .

ב. מתי פוגע הגוף בקרקע?

ג. מהו המרחק האופקי בו פוגע הגוף בקרקע?

ד. מהי מהירות הגוף ברגע הפגיעה?

**9) כדור נבעט מגבעה**

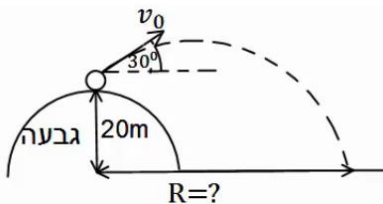
כדור נבעט מגבעה בגובה 20 מטר. הכדור נבעט במהירות של 28 מטר לשנייה ובזווית של 30 מעלות.

א. מתי יפגע הכדור בקרקע?

ב. מהו המרחק האופקי של הכדור, מנקודת

הבעיטה, ברגע הפגיעה בקרקע?

ג. מהי מהירות הכדור ברגע הפגיעה?

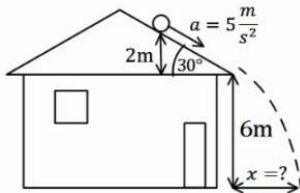


**10) דן יורה חץ על עץ**

דן יורה חץ מגובה של 2 מטרים לעבר עץ הנמצא במרחק של 8 מטרים. מהירות היציאה של החץ מהקשת היא 30 מטר לשנייה. מצא באיזה גובה יפגע החץ בעץ, אם הזווית שבה יורה דן את החץ היא 15 מעלות.

**11) דני מחליק במגלשה**

דני מחליק במגלשת מים. סוף המגלשה נמצא בגובה 2 מטרים מעל הבריכה ובזווית של 30 מעלות מתחת לאופק. בהנחה שדני יוצא מהמגלשה במהירות של 10 מטרים לשנייה, מהו המרחק האופקי אותו יעבור עד הפגיעה במים? מהי מהירותו בפגיעה במים?

**12) כדור מתגלגל מגג משופע**

כדור מתגלגל מגג בניין משופע. הכדור מתחיל תנועתו ממנוחה מגובה של 2 מטרים מקצה הגג, ששיפועו הוא 30 מעלות מתחת לאופק. נתון כי תאוצת הכדור בכיוון תנועתו על הגג היא 5 מטרים לשנייה בריבוע. מצא את המרחק האופקי מקצה הגג בו יפגע הכדור בקרקע.

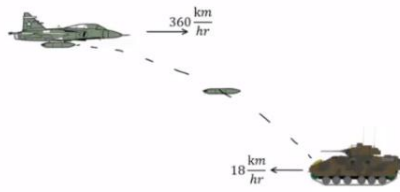
**13) תנועת כדור עם רוח נגדית**

כדור נבעט מהקרקע במהירות של 20 מטרים לשנייה ובזווית של 45 מעלות מהקרקע. רוח נגדית גורמת לכדור תאוצה בכיוון האופקי של 2 מטרים לשנייה בריבוע (בנוסף לתאוצת הכובד).

- מצא את מיקום הכדור ומהירותו ב-  $t = 2\text{sec}$ .
- מהו המרחק בו פוגע הכדור בקרקע?
- מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?
- מהו המרחק האופקי המקסימלי אליו הגיע הכדור?

**14) מסירה בפוטבול**

במשחק הפוטבול הרכז האחורי זורק כדור בזווית של 45 מעלות ביחס לקרקע ובמהירות של 30 מטרים לשנייה. שחקן הקבוצה הנמצא 15 מטרים קדימה מהרכז האחורי רץ במהירות של 5 מטרים לשנייה. השחקן רואה את הכדור ומתחיל להאיץ בתאוצה קבועה. מהי התאוצה הדרושה לשחקן כך שיוכל לתפוס את הכדור בדיוק בגובה בו הוא נזרק? האם סימן התאוצה יכול להיות שלילי? מה המשמעות של תאוצה כזו?

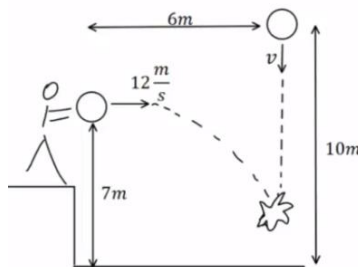
**(15) מטוס מטיל פצצה על טנק שנע**

מטוס טס בכיוון אופקי במהירות של  $360 \text{ km/hr}$  קמ"ש. טנק אויב הנמצא במרחק אופקי של  $3 \text{ km}$  ממנו נע במהירות  $18 \text{ km/hr}$  קמ"ש כלפי המטוס. כעבור  $10$  שניות הטייס מבחין בטנק ומשחרר פצצה.

א. חשבו את הזמן מהרגע שבו שוחררה הפצצה ועד לרגע פגיעתה בטנק.

ב. מהו גובה המטוס מעל פני הקרקע?

ג. מהי מהירות הפצצה (גודל וכיוון) ברגע פגיעתה בטנק?

**(16) כדור נזרק אופקית פוגע בכדור שנזרק אנכית**

כדור נזרק אנכית כלפי מטה מגובה של  $10 \text{ m}$  מטרים ובמהירות  $v$  לא ידועה. באותו הרגע ובמרחק אופקי של  $6 \text{ m}$  מטרים נזרק כדור נוסף זריקה אופקית, מגובה  $7 \text{ m}$  מטרים ובמהירות של  $12 \text{ m/s}$  מטר לשניה.

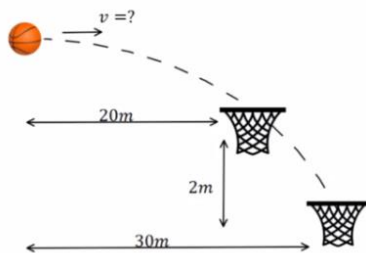
הכדורים מתנגשים באוויר בגובה לא ידוע.

א. מהו הזמן בו הכדורים מתנגשים?

ב. מהי המהירות בה נזרק הכדור הראשון?

ג. מהו הגובה שבו נפגשים הכדורים?

ד. מהי מהירות הכדור השני ברגע פגיעתו בכדור הראשון (גודל וכיוון)?

**(17) כדורסל עובר דרך שני סלים**

כדורסל נזרק אופקית במהירות התחלתית לא ידועה ובגובה לא ידוע. הכדור עובר דרך שני סלים (ניתן להניח שהסלים ללא רשת והכדור לא פוגע בטבעת כך שהמעבר דרך הסלים לא משנה את המסלול). הסל הראשון ממוקם  $20 \text{ m}$  מטר מנקודת הזריקה של הכדור והסל השני  $30 \text{ m}$  מטר מנקודת הזריקה של הכדור ו- $2$  מטר מתחת לסל הראשון.

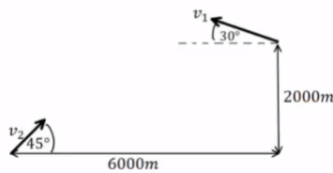
א. מהי המהירות ההתחלתית של הכדור?

ב. מאיזה גובה מעל לסל העליון נזרק הכדור?

ג. כמה זמן חלף מהרגע בו נזרק הכדור ועד לרגע בו הגיע לסל השני?

**18) כיפת ברזל מיירת קאסם**

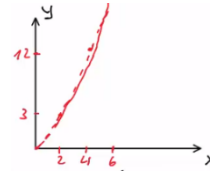
טייל קאסם נורה לעבר עמדה של כיפת ברזל. המכ"ם של הכיפה מזהה את הטייל כשהוא נמצא בגובה 2000 מטר ובמרחק אופקי של 6000 מטר ממוקום של עמדת הכיפה. ברגע הגילוי לטייל זווית של 30 מעלות עם האופק. המחשב של כיפת ברזל מתריע כי לפי חישוב המסלול של הטייל הוא הולך לפגוע ישירות בעמדה. הנח שטייל הקאסם נע ללא מנוע (כלומר, כמו פגז בתנועה בליסטית).



- א. מהי מהירות הטייל ברגע הגילוי?  
 ברגע הגילוי נורה טייל מיירט לעבר טייל הקאסם.  
 הטייל המיירט נורה בזווית של 45 מעלות.
- ב. מה צריכה להיות מהירותו ההתחלתית של הטייל המיירט בשביל שיפגע בטייל הקאסם (הנח שתנועת הטייל המיירט היא גם ללא מנוע)?
- ג. מתי מתרחשת הפגיעה?
- ד. באיזה גובה מתרחשת הפגיעה?

## תשובות סופיות:

(1) א.



ב.  $\vec{r}_0(t=0) = (0, 0)$ ,  $\vec{r}_1(t=1) = (2, 3)$ ,  $\vec{r}_2(t=2) = (4, 12)$ ,  $\vec{r}_3(t=3) = (6, 27)$

ג.  $\vec{r} = (2t, 3t^2) = 2t\hat{x} + 3t^2\hat{y}$

(2) א. הנוסחה:  $\vec{r}(t) = (4 + 3t, 2t^2)$ , מיקום הגוף:  $\vec{r}(t=1) = (7, 2)$ ,  $\vec{r}(t=2) = (10, 8)$

ב.  $\Delta\vec{r} = (15, 50)$  ג.  $\Delta\vec{r} = (6, 24)$

(3) א.  $\vec{r} = (2t - 3)\hat{x} + t^2\hat{y}$  ב.  $\Delta\vec{r} = (4, 16)$  ג.  $\vec{v} = (2, 8)$

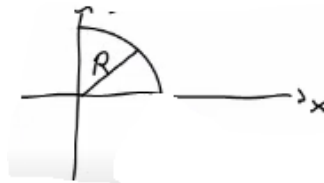
(4) מיקום:  $\vec{r}(t=4) = (40, 80)$ , מהירות:  $\vec{v}(t=4) = (10, 40)$

(5) א.  $t = \sqrt{8} \approx 2.83 \text{ sec}$  ב.  $x(t = \sqrt{8}) = 15 \cdot \sqrt{8} \approx 42.43 \text{ m}$

ג. גודל:  $|\vec{v}| \approx 32.02 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , כיוון:  $\theta \approx 62.06^\circ$

(6) א.  $4,908.98 \text{ m}$  ב.  $\theta = 31.38^\circ$

(7) משוואה:  $y(x) = \sqrt{10 - x^2}$ , שרטוט:



(8) א. מיקום:  $x(t=2) = 69.28 \text{ m}$ ,  $y(t=2) = 20 \text{ m}$ , מהירות:  $\vec{v} = (34.64, 0)$

ב.  $t = 4 \text{ sec}$  ג.  $x(t=4) = 138.56 \text{ m}$  ד.  $\vec{v} = (34.64, -20)$

(9) א.  $t \approx 3.84 \text{ sec}$  ב.  $x(t=3.84) = 93.12 \text{ m}$  ג.  $\vec{v} = (24.25, -24.4)$

(10)  $y(t=0.28) \approx 3.78$

(11) המרחק:  $x(t) = 2.68 \text{ m}$ , המהירות:  $\vec{v} = (8.66, 8.1)$

(12)  $x(t=0.82) \approx 4.49 \text{ m}$

(13) א. מיקום:  $x(t=2) = 24.28 \text{ m}$ ,  $y(t=2) = 8.28 \text{ m}$

מהירות:  $v_x(t=2) = 10.14 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ,  $v_y(t=2) = -5.86 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ב.  $x(t=2.83) \approx 32.01 \text{ m}$

ג.  $y(t=1.41) \approx 10 \text{ m}$  ד.  $x_{\text{max}} = 32.01 \text{ m}$

**(14)** התאוצה:  $a \approx 5.99 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ , כן, יכול להיות שלילי. המשמעות היא תאוצה,

כלומר על השחקן להאט על מנת לתפוס את הכדור בדיוק בגובה הזריקה.

**(15)** א.  $t \approx 18.57 \text{sec}$       ב.  $h \approx 1724 \text{m}$       ג.  $211 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ,  $-61.7^\circ$

**(16)** א.  $t = 0.5 \text{sec}$       ב.  $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       ג.  $5.75 \text{m}$

ד.  $13 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ,  $-22.6^\circ$

**(17)** א.  $v = \sqrt{1250} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       ב.  $h = 3.6 \text{m}$       ג.  $t_2 \approx 0.849 \text{sec}$

**(18)** א.  $v_1 \approx 210 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       ב.  $v_2 \approx 353 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       ג.  $t_0 \approx 13.9 \text{sec}$       ד.  $693 \text{m}$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 7 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה

תוכן העניינים

54 ..... 1. תרגילים

## תרגילים לחזרה עד לחלק זה:

### שאלות:

#### (1) חללית ללא טייס

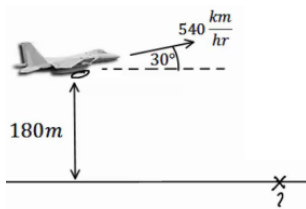
- חללית ללא טייס משוגרת מכדור הארץ בצורה אנכית כלפי מעלה ובתאוצה קבועה. בגובה 1940 מטרים כבה לפתע מנוע החללית. החללית ממשיכה עוד 18 שניות בתנועה כלפי מעלה ולאחר מכן מתחילה ליפול בנפילה חופשית חזרה לקרקע.
- חשב את תאוצת הגוף עד לרגע בו כבה המנוע.
  - מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.
  - מהו הזמן מרגע השיגור ועד לרגע בו פוגעת החללית בקרקע?
  - מהי מהירות החללית ברגע פגיעתה בקרקע?
- צופים שנמצאים במרחק 50 מטרים ממקום השיגור מתחילים לברוח מהרגע בו כבה המנוע.
- מהי המהירות הממוצעת בה צריכים הצופים לרוץ כך שיוכלו להיות במרחק של לפחות 120 מטרים ממקום השיגור?

#### (2) זריקה משופעת קלאסית

- כדור נזרק במהירות התחלתית של 20 מטרים לשנייה ובזווית של 60 מעלות מעל האופק.
- מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?
  - מהו המרחק האופקי שבו יפגע הכדור חזרה בקרקע?
  - מהי מהירות הכדור (גודל וכיוון) ב-  $t = 2 \text{ sec}$ ?

#### (3) מטוס בשיפוע משחרר פצצה

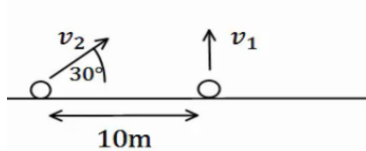
מטוס טס במהירות של 540 ק"מ לשעה בזווית של 30 מעלות מעל האופק. בגובה של 180 מטרים המטוס משחרר פצצה.



- היכן תפגע הפצצה בקרקע?
- מהו גודל מהירות הפגיעה של הפצצה בקרקע?
- מהו כיוון תנועת הפצצה ברגע הפגיעה?

#### 4 שני כדורים – אולי נפגשים

כדור א' נזרק אנכית כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה.  
 כדור ב' נזרק במרחק 10 מטרים משמאל לנקודת הזריקה של כדור א'.  
 גודל מהירותו של כדור ב' אינה ידועה, אך כיוונה הוא ימינה בזווית של  $30^\circ$   
 מעלות עם הציר האופקי.



א. מצא מהי מהירות הכדורים, אם ידוע ששני הכדורים נחתו 4 שניות לאחר זריקתם

ב. האם הכדורים נפגשו באוויר?

ג. מה צריך להיות התנאי הכללי על מנת שהכדורים יפגשו באוויר?

#### תשובות סופיות:

$$(1) \quad a \approx 8.35 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 3560\text{m} \quad \text{ג.} \quad t = 66.24\text{sec}$$

$$\text{ד.} \quad v(t = 44.68) = -266.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ה.} \quad \bar{v} \approx 1.57 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(2) \quad \text{א. בזמן: } t = \sqrt{3} \text{ sec, שיא הגובה: } y(t = \sqrt{3}) = 15\text{m, תאוצה: } a = -10.$$

$$\text{ב.} \quad x(t = 2 \cdot \sqrt{3}) = 20 \cdot \sqrt{3}\text{m} \quad \text{ג. גודל: } |\vec{v}| = 10.35 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \text{ כיוון: } \theta = 15^\circ.$$

$$(3) \quad \text{א.} \quad x(t) = 2,221.36\text{m} \quad \text{ב.} \quad |\vec{v}| = 161.52 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.} \quad \theta = -36.5^\circ$$

$$(4) \quad \text{א.} \quad v_{\text{CadurB}} = 40 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad v_{\text{CadurA}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. כן.} \quad \text{ג. התנאי: } v_{2y} = v_{1y}.$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 8 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים

56	1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי
65	2. חוק שני של ניוטון
80	3. הכוח האלסטי- קפיץ
85	4. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי

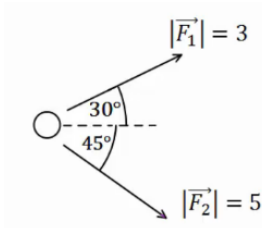
## הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

### שאלות:

#### דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

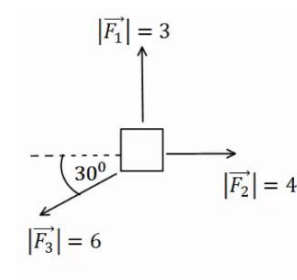
##### (1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



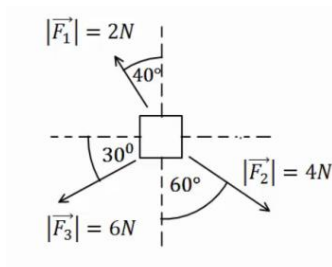
##### (2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



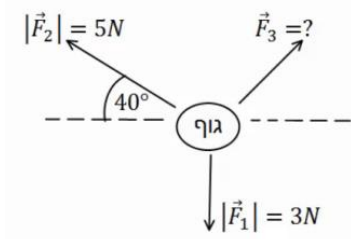
##### (3) דוגמה 3

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



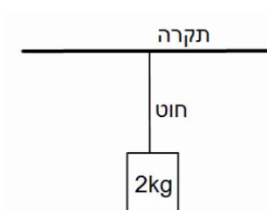
##### (4) דוגמה 4

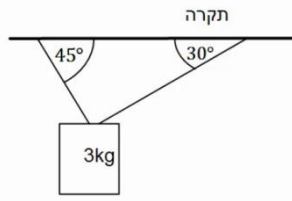
באיור הבא נתונים הכוחות  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר. מצא את גודלו וכיוונו של  $\vec{F}_3$ .



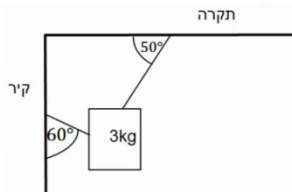
##### (5) דוגמה 5

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

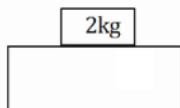


**6 דוגמה 6**

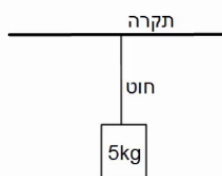
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים, לפי האיור הבא.  
 מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

**7 דוגמה 7**

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

**8 דוגמה 8**

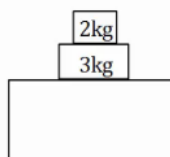
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.  
 א. שרטט תרשים כוחות על המסה.  
 ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?  
 ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

**9 דוגמה 9**

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

**10 דוגמה 10**

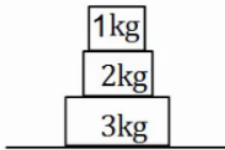
דני ויוסי מושכים בחבל משני צידיו, כל אחד מהם מושך בכוח של 50 ניוטון.  
 מהי המתיחות בחבל?

**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 בציר.

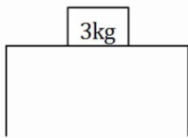


א. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה המסה הכי תחתונה על המסה מעליה?

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  $\mu_s = 0.4$ .



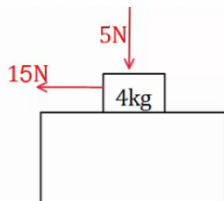
א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

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.

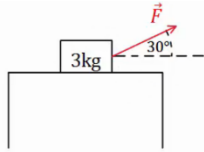
מקדם החיכוך הסטטי הוא:  $\mu_s = 0.3$ .



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:  $\mu_s = 0.3$ .

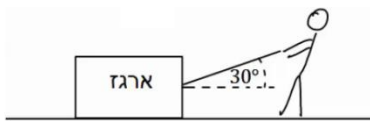
א. מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל  
 כך שהגוף ישאר במנוחה?

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.

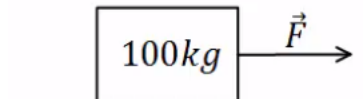
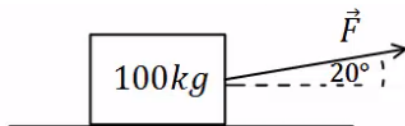
**19) כוח בכמה כיוונים**

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:  $\mu_k = 0.4$ .

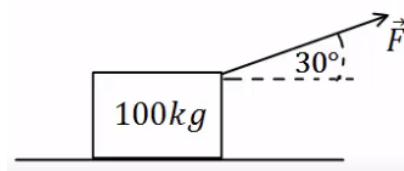
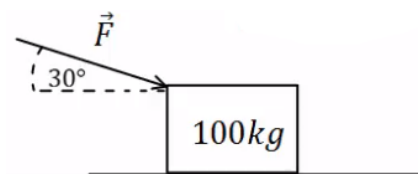
א. כוח מושך אופקי

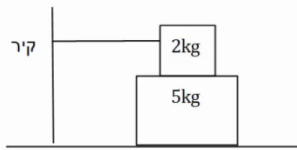
ב. כוח מושך בזווית של 20°



ג. כוח מושך בזווית של 30°

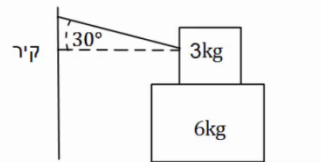
ד. כוח דוחף בזווית של 30° מתחת לאופק



**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 המתוחות 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.

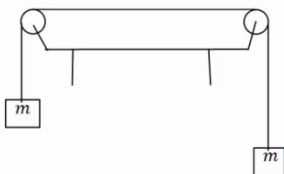
**21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית**

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 המתוחות בחוט, אם גודל הכוח הינו זהה לערך אותו חישבת בסעיף א'?

**22) שתי משקולות תלויות על שולחן**

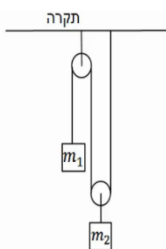
שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק"ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן. המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.



- מהי המתוחות 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**

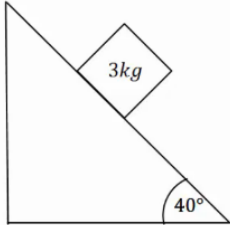
שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.



- מצא את היחס בין המסות:  $\left(\frac{m_1}{m_2} = ?\right)$ .
- מצא את המתוחות בכל חוט במערכת, אם ידוע ש:  $m_2 = 40\text{gr}$ .

## המישור המשופע:

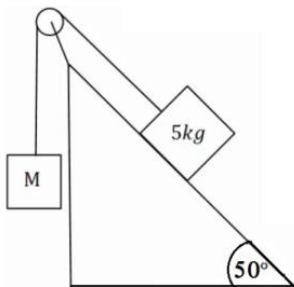
## 24) מסה בשיפוע



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

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

## 25) מסה בשיפוע ומסה באוויר

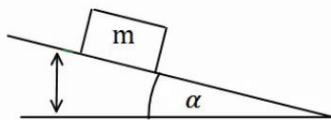


מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

א. 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:  $\mu_s = 0.3$ .

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

## 26) זווית החלקה

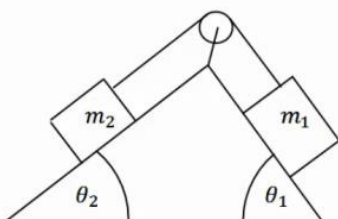


מסה m מונחת על מישור משופע ונמצאת במנוחה. מגדילים את זווית השיפוע של המישור בקצב איטי.

א. מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא:  $\mu_s = 0.2$ .  
תרגול בפרמטרים.

ב. פתור את סעיף א' שוב כאשר מקדם החיכוך נתון כפרמטר  $\mu_s$  ללא ערך מספרי.  
ג. 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  $\theta_1, \theta_2$ . 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:  $\theta_1, \theta_2, m_1$  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:  $\theta_1, \theta_2$ .

שתי מסות שונות  $m_1, m_2$  מונחות בשני צידי המדרון.

המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי,

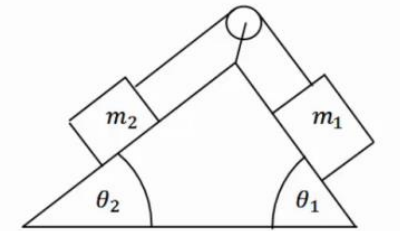
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.

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:**

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

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

(3)  $\sum F_x = -3.03N, \sum F_y = -3.47N$

(4) גודל:  $|\vec{F}| \approx 3.84N$ , כיוון:  $\theta_{F_3} = -3.14^\circ$ .

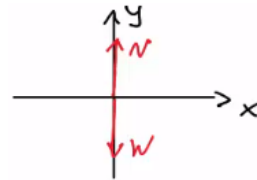
(5)  $T = 20N$

(6)  $T_1 = 21.96N, T_2 \approx 26.90N$

(7)  $T_1 \approx 26.30N, T_2 \approx 19.48N$

(8) א. גודל:  $N = 20$ , כיוון: כלפי מעלה.

ג. גודל:  $N = 20$ , כיוון: כלפי מטה.



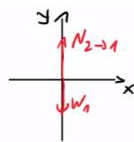
(9) א.  $T = 50N$ . ב. גודל:  $T = 50N$ , כיוון: מטה.

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

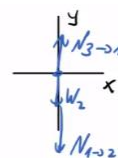
(10)  $T = 50N$

א.  $N_{32} = 50$

ב.  $N_{21} = 20$



$m_1$   $\vec{F}$



$m_2$   $\vec{F}$

(11) א.

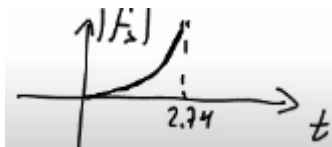
ד.  $N_{23} = 50N\hat{y}$

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

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

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

(15) א.  $f_{s,max} = 15N$ . ב.  $t = 2.74sec$ . ג.



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

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

(18)  $T \approx 41.41N$

א.  $F = 600.58N$

ב.  $F = 375.23N$

ג.  $F \approx 371.57N$

ד.  $F = 400N$

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

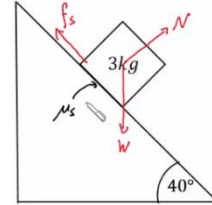
$$T = 8.86\text{N} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 33.34\text{N} \quad \text{א.} \quad (21)$$

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

ג. לא.

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

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



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

$$\alpha = \arctan(\mu_s) \quad \text{ב.} \quad \alpha = 11.31^\circ \quad \text{א.} \quad (26)$$

ג. ראה סרטון.

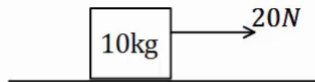
$$m_2 = m_1 \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \quad (27)$$

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

## חוק שני של ניוטון:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

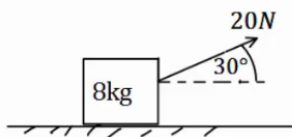


כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.  
 אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

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.

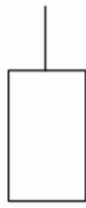
ברגע  $t = 0$  מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של 10N.

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

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

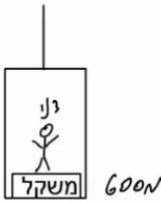
א. מה המרחק אותו עבר הגוף עד ל-  $t = 4\text{sec}$ ?

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.

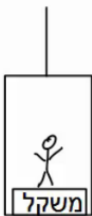
- שרטט תרשים כוחות על המעלית.
- הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.
- שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.
- מהי המתוחות בכבל?

**(6) משקל במעלית**

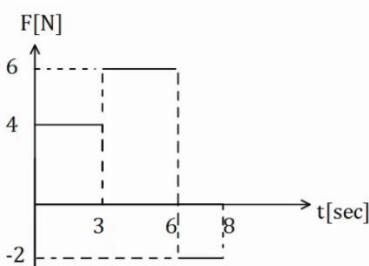
דני מודד את משקלו בתוך מעלית.

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?

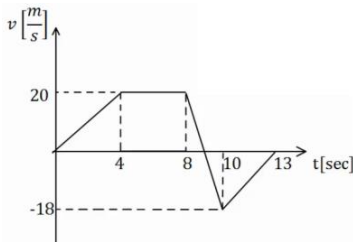
**(7) עוד משקל במעלית**

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?

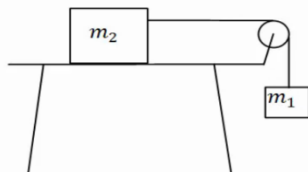
**(8) גרפים 1**

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:  $3\text{m}$ .

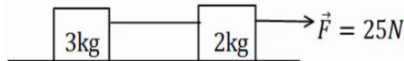
א. מצא את גודלה המינימלי של  $m_1$ , עבורה המערכת תהיה בתנועה.

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?

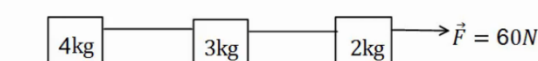
**11) כוח מושך מסה שמושכת מסה**

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 המתוחות 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.

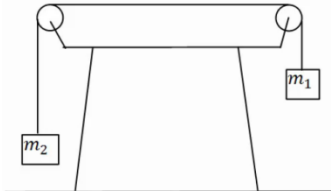
א. מצא את תאוצות המסות ואת המתוחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

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

החיכוך הקינטי הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

**13 שתי מסות תלויות**

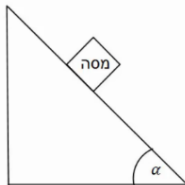
במערכת הבאה שתי מסות שונות:  $m_1 = 3\text{kg}$ ,  $m_2 = 1\text{kg}$ .  
 המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות.  
 המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה  $m_1$  מעל הקרקע הוא:  $2\text{m}$ .



- 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**

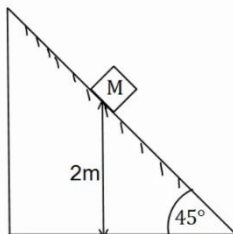
מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית  $\alpha$ .  
 אין חיכוך בין המסה למדרון.



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

**15 מדרון משופע עם חיכוך**

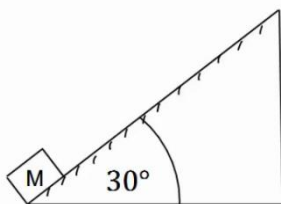
מסה  $M$  מונחת על מדרון משופע בגובה של  $2$  מטרים.  
 זווית השיפוע של המדרון היא  $45^\circ$  מעלות ומקדמי החיכוך  
 הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם:  $\mu_s = 0.2$ ,  $\mu_k = 0.1$ .



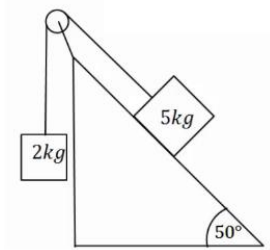
- האם המסה תתחיל להחליק או תישאר במנוחה?
- מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון.  
 מהי מהירותה ברגע זה?

**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  $30^\circ$  מעלות. מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה  
 למדרון הם:  $\mu_s = 0.25$ ,  $\mu_k = 0.2$ .

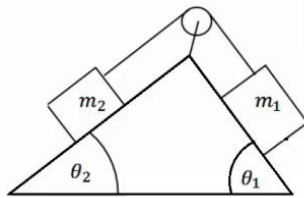


- מצא את תאוצת המסה.
- רשום משוואת מיקום-זמן עבור תנועת המסה.
- מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
- האם המסה תיעצר בשיא הגובה?
- כמה זמן ייקח למסה לחזור לתחתית המדרון  
 מהרגע שבו התחילה תנועתה?

**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.

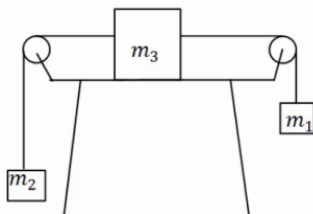
**18) שתי מסות שני שיפועים 2**

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן:  $\theta_1$ ,  $\theta_2$ .

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:  $\theta_1 = 45^\circ$ ,  $\theta_2 = 30^\circ$ ,  $m_1 = 2\text{kg}$ ,  $m_2 = 4\text{kg}$ .

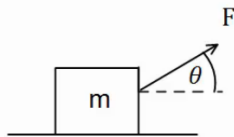
א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?  
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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**

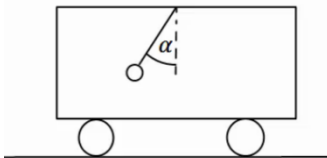
מסה  $m_3$  מונחת על שולחן במנוחה. המסה קשורה משני צידיה לחוטים אידיאליים. כל חוט עובר דרך גלגלת ומחובר למסה שונה התלויה באוויר (ראה איור). הנח שהמסות לא פוגעות ברצפה.  
נתון:  $m_1 = 14\text{kg}$ ,  $m_2 = 2\text{kg}$ ,  $m_3 = 4\text{kg}$ .

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.

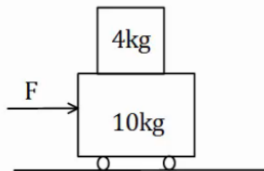
**20) זווית אופטימלית למשיכה**

כוח  $F$  מושך ארגז בעל מסה  $m$  בזווית  $\theta$  מעל האופק. מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא  $\mu_k$ .

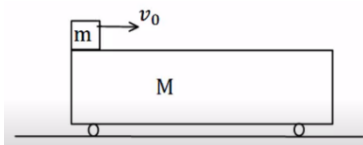
- מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה. (הנח כי יש תנועה והארגז לא מתרומם מעל הקרקע).
- הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3. בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה ביותר:  $\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ .
- מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית. השתמש בנגזרת.

**21) מטוטלת במכונית**

- מטוטלת קשורה לתקרת מכונית. המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה  $\alpha$ , ביחס לאנך מתקרת המכונית.
- מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).
  - האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

**22) מסה של 4 על עגלה של 10**

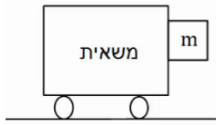
- מסה של 4 ק"ג מונחת מעל עגלה בעלת מסה של 10 ק"ג. החיכוך בין העגלה למשטח זניח. מקדם החיכוך הסטטי בין המסה לעגלה הוא:  $\mu_s = 0.2$ . כוח אופקי  $F$  מופעל על המסה התחתונה ימינה. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל כך שהמסה העליונה לא תחליק על העגלה.

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

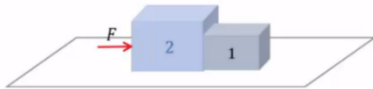
- מצא את הביטוי למיקום ולמהירות של המסה כתלות בזמן.
- מצא את הביטוי למיקום והמהירות של העגלה כתלות בזמן.
- מהי המהירות הסופית של שני הגופים בהנחה שהמסה לא נופלת מהעגלה?

**24) מסה צמודה למשאית**

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

**25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות**

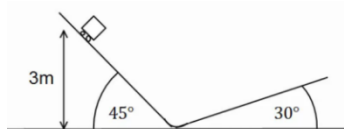
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך. מסות התיבות הן:  $m_1 = 3\text{ kg}$  ו-  $m_2 = 5\text{ kg}$ . כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים. גודל הכוח הוא:  $F = 16\text{ N}$ . חשב את:



- 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**

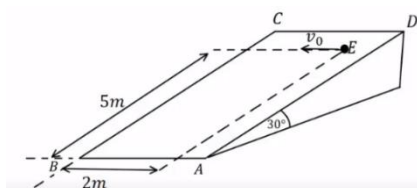
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של  $45^\circ$  מעלות. הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של  $3\text{ m}$  מטרים ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של  $30^\circ$  מעלות. הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר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



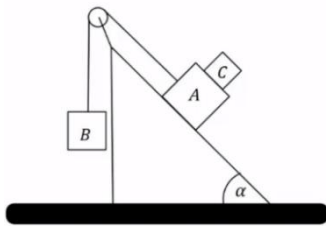
- מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני? נחש מה יקרה לאחר מכן.
- חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח. מקדם החיכוך הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

**27) זריקה אופקית על מישור משופע**

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

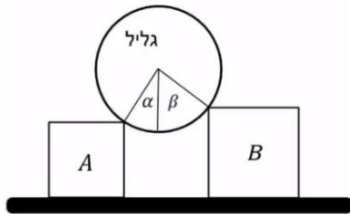


- צייר מערכת צירים ורשום את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח בכל ציר.
- מהי צורת המסלול של הכדור על הלוח?
- מצא את  $v_0$  עבורה הכדור יגיע בדיוק לנקודה B.
- מהי מהירות הכדור בנקודה B עבור ה-  $v_0$  שמצאת בסעיף ג'.

**28) גוף על גוף במישור משופע**

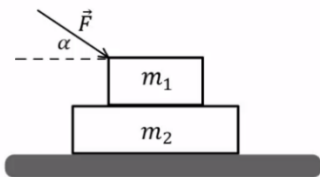
גוף A בעל מסה  $m_A$  וגוף B בעל מסה  $m_B$  מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית  $\alpha$ . גוף C בעל מסה  $m_C$  מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים ל-C הוא  $\mu_s$ . הבא את התשובות באמצעות:  $m_A, m_C, \alpha, \mu_s$ .

- 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  $\mu_k$ ?

**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 בפנינות 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**

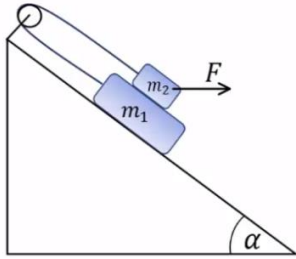
שני גופים זהים שמסותיהם:  $m_1 = m_2 = m$  מונחים זה על גבי זה על גבי שולחן אופקי חלק (ראה איור). בין הגופים קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הקינטי והסטטי הם:  $\mu_s, \mu_k$ . כוח חיצוני  $\vec{F}$  מופעל על הגוף העליון בזווית  $\alpha$  מתחת לאופק. הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים:  $F, \alpha, m, g, \mu_s,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

- 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:  $F = \frac{1}{2}mg$ .

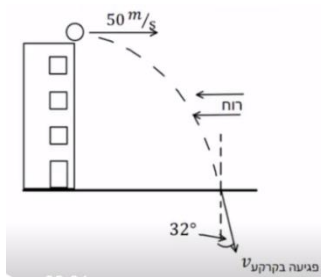
ה. חזור על סעיף ד' כאשר:  $F = 3mg$ .

### 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?

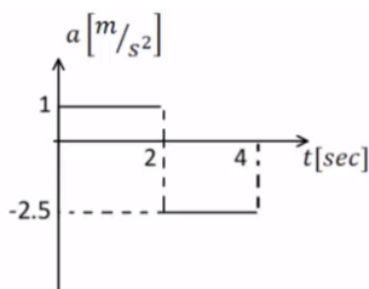


### 32) זריקה אופקית בהשפעת רוח\*

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

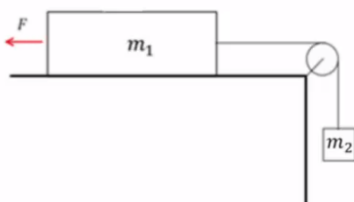
א. ענה:

- i. האם הרוח משפיעה על הזמן שלוקח לכדור להגיע לקרקע?  
 ii. האם הרוח משפיעה על מהירות הפגיעה של הכדור בקרקע?  
 ב. נתון שהחבילה פוגעת בקרקע בזווית של 32 מעלות עם האנך לקרקע.  
 i. חשב את גודלו של הכוח  $F$ .  
 ii. 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. הזנח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך. כעבור 2 שניות נקרע החוט והכוח  $F$  ממשיך לפעול. נתון:  $m_1 = 3\text{kg}$ ,  $F = 15\text{N}$ .  
 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:  
 i. שרטט את הכוחות הפועלים על כל גוף.  
 ii. רשום את המיקום כתלות בזמן של  $m_1$ .  
 iii. חשב את  $m_2$  ואת המתיחות בחוט.

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

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

טס אופקית במהירות: 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?

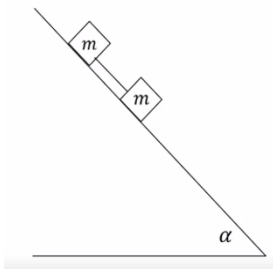
### 35 שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע

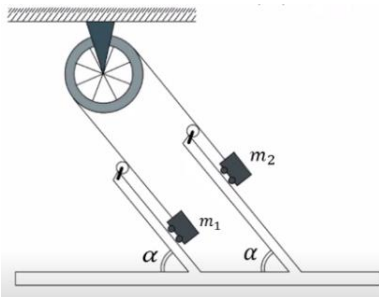
שני גופים בעלי מסה זהה  $m$  קשורים בחוט ונמצאים על מדרון משופע לא חלק בעל זווית  $\alpha$ .

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

למשטח הוא  $\mu_k$ .

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 שמסטה זניחה. זווית השיפוע  $\alpha$  ניתנת לשינוי.

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

בטאו תשובותיכם בסעיפים א', ב', ג' באמצעות  $\alpha$ .

א. תלמידה מחזיקה את העגלה  $m_2$  כך שלא תזוז.

מהי המתוחות בחוט?

ב. התלמידה משחררת את המסה  $m_2$ .

מהי תאוצת הגופים ומהי המתוחות בחוט כעת?

ג. החוט יכול לשאת עומס מקסימאלי של  $25\text{N}$ .

מהו הערך המירבי של  $\alpha$  עבורו החוט לא ייקרע?

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

מהי הזווית  $\alpha$  עבורה תאוצת הגופים היא מקסימאלית?

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

תמשיך ותגדיל את תאוצת הגופים ולא את המתוחות בחוט?

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

## תשובות סופיות:

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

$$t \approx 6.82 \text{ sec} \quad \text{ב.} \quad \text{א. הגוף לא יכול להיות במנוחה.} \quad (2)$$

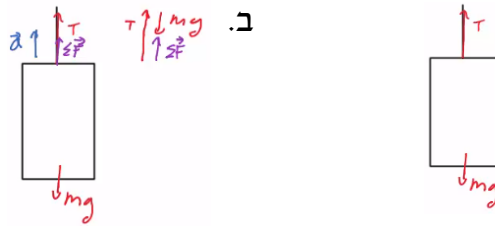
ג. סעיף א': נשאר במנוחה, סעיף ב': אין משמעות.

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

$$\Delta x = 52.5 \text{ m} > 50 \text{ m} \quad \text{ב. לא, כי}$$

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

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



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

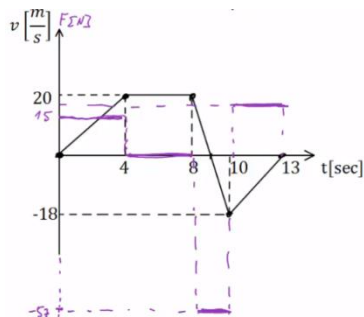
$$m_{\text{Dani}} = 42 \text{ kg} \quad \text{ד.} \quad \text{ה. } 0$$

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

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

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

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



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

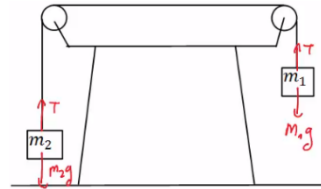
ד.  $v_1(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$ ,  $v_2(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

(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:  $a \approx 4.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

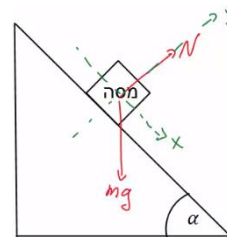
(13) א.    ב.  $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$     ג.  $m_1$  תרד כלפי מטה.



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

(14) א.    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:  $T_{m_1} = 56\text{N}$ ,  $T_{m_2} = 32\text{N}$     ב. בתנועה.

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

$$\mu_{sA} \geq 0.464 \quad \text{ב.} \quad N_B = 0.518 \text{ mg}, \quad N_A = 0.732 \text{ mg} \quad \text{א. (29)}$$

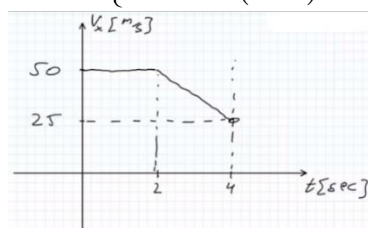
$$F_{\max} = \frac{2\mu_s mg}{\cos \alpha - 2\mu_s \sin \alpha} \quad \text{ג.} \quad f_s = \frac{F \cos \alpha}{2} \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F \cos \alpha}{2m} \quad \text{א. (30)}$$

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

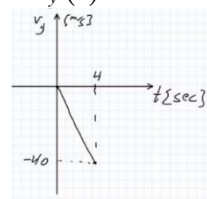
$$a = 1.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 31.05 \text{ N} \quad \text{א. (31)}$$

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

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

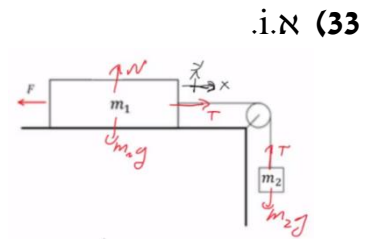


$$v_y(t) = -10 \cdot t \quad \text{ii.}$$



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

$$x(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}t^2 & 0 \leq t \leq 2 \\ 2 + 2(t-2) - \frac{2.5}{2}(t-2)^2 & 2 \leq t \leq 4 \end{cases} \quad \text{ii}$$

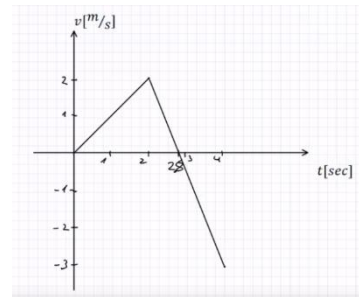


i. א (33)

ב. כן,  $x_{II}(2.8_{\text{sec}}) = 2.8\text{m}$ ,  $t = 2.8\text{sec}$ ,  $m_2 = 2\text{kg}$  iii

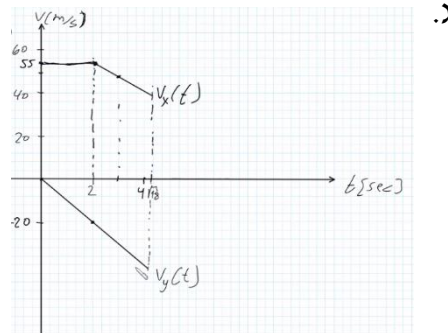
ד.  $\mu_{s \min} = \frac{1}{6}$

ג.  $v(2.8) = 0$ ,  $v(4) = -3$



ב.  $F \approx 84.1\text{N}$   
ד.  $\Delta x = 14\text{m}$

ii. משפיעה. i. א (34) לא משפיעה.



T = 0 (35)

א (36)  $T = 30 \sin \alpha$  ב.  $a = 3.35 \sin \alpha$  ג.  $\alpha_{\max} = 38.7^\circ$  ד.  $\alpha_{\max} = 90^\circ$

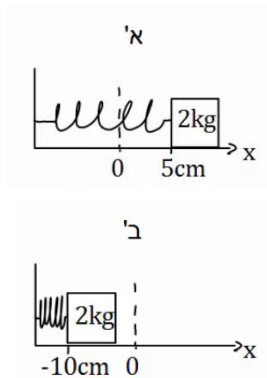
ה. המסות יתנתקו מהמשטח ויהיו תלויות אנכית, התאוצה תישאר אותו דבר כמו בזווית של  $90^\circ$ .

## הכוח האלסטי - קפיץ:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

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



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.

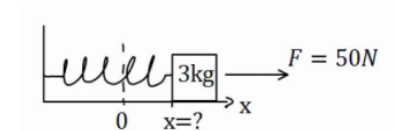
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

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:  $k = 100 \frac{N}{m}$ .



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.

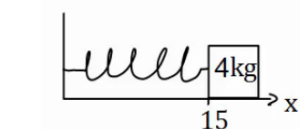
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.

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

בין הגוף למשטח אין חיכוך.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

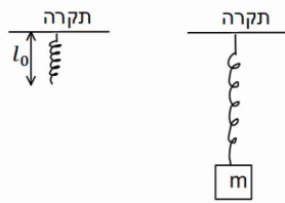
א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

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

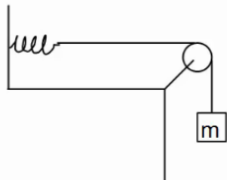
ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון שמאלה.

**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**

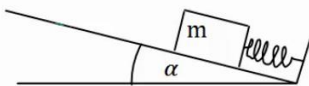
- מסה  $m = 5gr$  תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ. הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.
- קבוע הקפיץ הוא:  $k = 10 \frac{N}{m}$ .



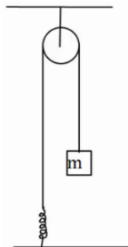
- א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשארת במנוחה. מצא את התארכות הקפיץ.
- ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים. מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

**6) קפיץ בשיפוע**

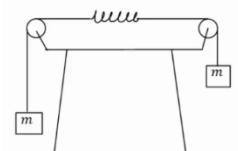
- מסה  $m$  נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית  $\alpha$ . מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ  $k$ . אין חיכוך בין המסה למשטח. בכמה מכוון הקפיץ ממצבו הרפוי? התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

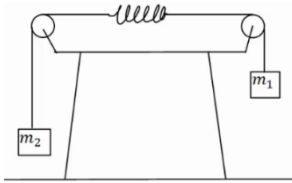
**7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה**

- 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 זהות  $m$  תלויות משני צידי 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 אידיאלים.

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.

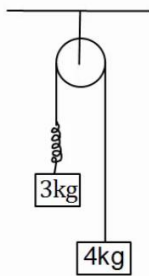
**10) מסה תלויה ומתיחה**

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

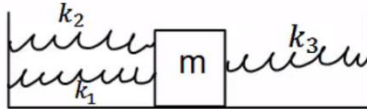
לשנייה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

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.

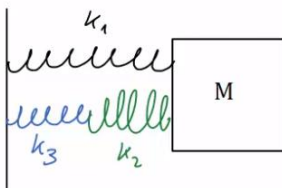


נתון כי:  $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ,  $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ,  $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

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:

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

$$\text{ג. } x = 8 \text{ cm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

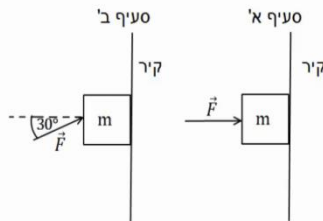
$$(14) \quad a \approx 0.326 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

## תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

### שאלות:

#### (1) מסה מוצמדת לקיר

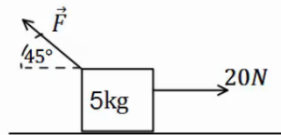
ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי. מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא: 0.3.



- א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה?  
 ב. חזור על סעיף א' עבור המקרה בו הכוח פועל בזווית של  $30^\circ$  כלפי מעלה ביחס לאופק.

#### (2) 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:  $\mu_k = 0.2$ .

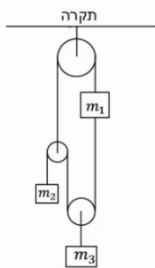


כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של  $45^\circ$ . מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.

#### (3) מערכת גלגלות

במערכת הבאה כל הגלגלות והחוט הם אידיאליים. המסות  $m_1, m_2$  נתונות.

מצא את  $m_3$  ואת המתחיות בכל חוט, אם ידוע כי כל המערכת נמצאת במנוחה.

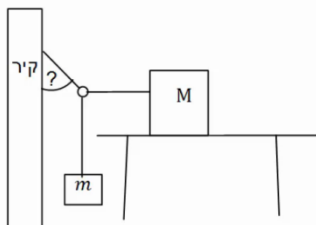


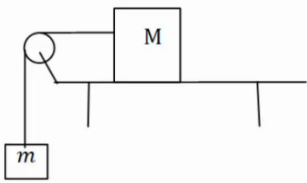
#### (4) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר

קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.

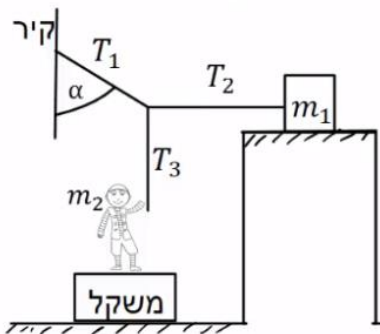
הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה. מסה m תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר. ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה M לשולחן

הוא:  $\mu_s$ , וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ"ל מקסימלי. מצא את המתחיות בכל חוט ואת הזווית בה מחובר החוט לקיר, אם:  $M, m, \mu_s$  נתונים.

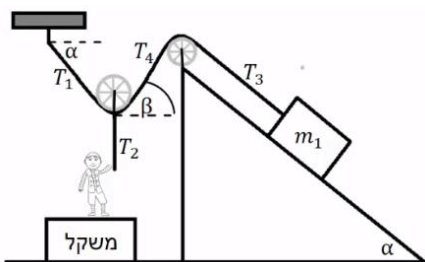


**(5) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על השולחן**

- 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).

**(6) 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:  $450\text{N}$ .
- א. חשב את המתוחות בחוטים:  $T_1$ ,  $T_2$  ו- $T_3$ .
- ב. חשב את ערכה של מסה  $m_1$ .

**(7) 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:  $120\text{N}$ .
- א. חשב את הזווית  $\beta$  (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.

**8) 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.

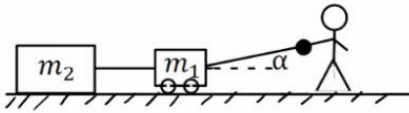
לעגלה מחוברת משקולת  $m_2 = 25\text{kg}$ .

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  $m_1$  ?**תשובות סופיות:**

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

$$F \approx 17.68\text{N} \quad (2)$$

$$T_1 = (m_1 + m_2)g, \quad T_2 = m_2g, \quad T_3 = 2m_2g, \quad T_4 = 2(m_1 + m_2), \quad m_3 = 2m_2 \quad (3)$$

$$\cot \alpha = \frac{m}{\mu_s M} \quad (4)$$

$$\sum F_y = (-M + m)g \quad \text{ג.} \quad F = \sqrt{2}mg \quad \text{ב.} \quad \mu_{s_{\min}} = \frac{m}{M} \quad \text{א.} \quad (5)$$

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

$$m_1 = 14.5\text{kg} \quad \text{ב.} \quad T_1 = 57.7\text{N}, \quad T_2 = 28.9\text{N}, \quad T_3 = 50\text{N} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$T_2 = 480\text{N}, \quad T_1 = T_4 \approx 373\text{N} \quad \text{ב.} \quad \beta = 40^\circ \quad \text{א.} \quad (7)$$

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

$$T_1 = 57.7\text{N} \quad \text{ב.} \quad T_2 = 50\text{N} \quad (8)$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

## פרק 9 - עבודה ואנרגיה

### תוכן העניינים

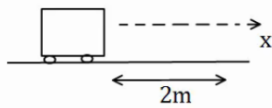
88	1. העבודה שמבצע כוח.....
90	2. אנרגיה קינטית והקשר לעבודה.....
91	3. אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה.....
94	4. עבודת החיכוך וחום.....
95	5. אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ.....
(ללא ספר)	6. חוק שימור האנרגיה- הרחבה.....
(ללא ספר)	7. סיכום הפרק.....
96	8. תרגילים.....
110	9. אנרגיה פוטנציאלית-כובדית.....
111	10. הספק.....

## העבודה שמבצע כוח:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

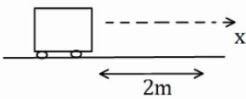
כוח  $F$  שגודלו  $5\text{N}$  פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- $x$ .  
 חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



- בכיוון ציר ה- $x$ .
- בכיוון  $30^\circ$  עם ציר ה- $x$ .
- בכיוון  $30^\circ$  מתחת לציר ה- $x$ .

#### (2) דוגמה 2

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



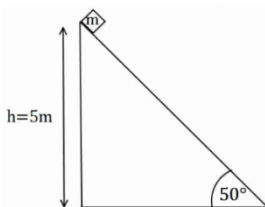
- בכיוון ציר ה- $y$ .
- בכיוון  $30^\circ$  מעל ציר ה- $x$  השלילי.
- בכיוון  $30^\circ$  מתחת לציר ה- $x$  השלילי.

#### (3) דוגמה 3

גוף נופל נפילה חופשית מגובה של  $8$  מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא  $3\text{kg}$ .  
 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  $50^\circ$ .



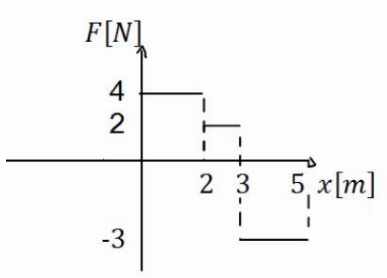
- חשב את העבודה שמבצע הנורמל על הגוף במהלך תנועתו.
- חשב את עבודת כוח הכובד על הגוף.
- חשב את עבודת החיכוך הקינטי אם ידוע שמקדם החיכוך הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

## 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:

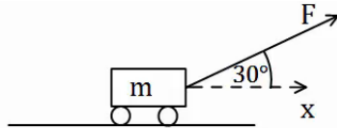
- |                          |                           |                                |
|--------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| א. $W = 10$              | ב. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$ | ג. $W = 5 \cdot \sqrt{3}$      |
| א. $W = 0$               | ב. $W \approx -8.66$      | ג. $W \approx -8.66 \text{ J}$ |
| א. $W_g = 240 \text{ J}$ | ב. $W_g = mgh$            |                                |
| א. $W_N = 0$             | ב. $W_g = 100 \text{ J}$  | ג. $W_{fk} = -16.79 \text{ J}$ |
| א. $W = 7 \text{ J}$     | ב. $W = 0$                |                                |
| 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  $30^\circ$  מעל ציר ה- $x$ . מסת הקרונית היא 3 ק"ג.

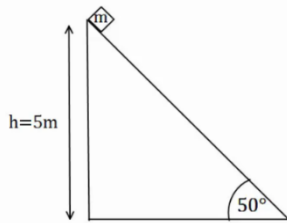


- א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.  
 ב. מצא את העבודה של כל כוח, אם ידוע שהקרונית התקדמה 5 מטרים בכיוון ציר ה- $x$ .

ג. 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  $50^\circ$ . מקדם החיכוך הקינטי הוא  $\mu_k = 0.2$ .

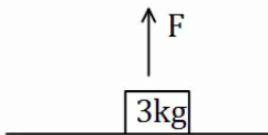


א. מצא את עבודת הכוחות.

ב. מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

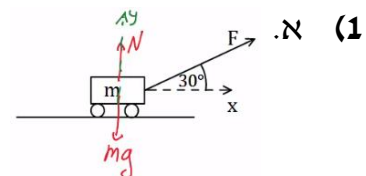
#### (3) כוח מושך גוף ישר למעלה

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.

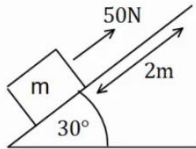
א.  $W_N = 0, W_g = 100\text{J}, W_{fk} = -16.79$  ב.

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

## אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

### שאלות:

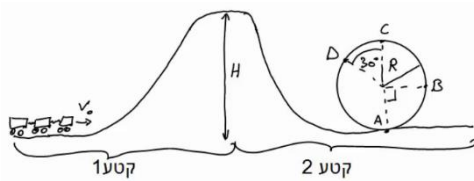
#### (1) כוח מעלה במדרון משופע



כוח של 50 ניוטון פועל על גוף במקביל למשטח משופע בעל זווית של  $30^\circ$ . 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

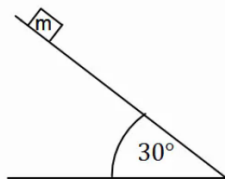
רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור. לרכבת מהירות התחלתית נמוכה  $v_0$ .



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

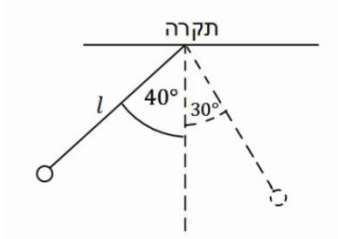


מסה  $m = 4\text{kg}$  מונחת במנוחה בגובה  $h = 5\text{m}$  על מדרון משופע. שיפוע המדרון הוא  $30^\circ$ .

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.

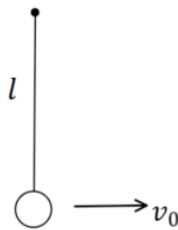
**(4) מטוטלת**

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

- מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
- מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
- מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של  $30^\circ$ ?
- 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 (מעל 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:

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

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

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

$$W_T = 0 \quad \text{א.} \quad (4)$$

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

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

$$v_p = \sqrt{32} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

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

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

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

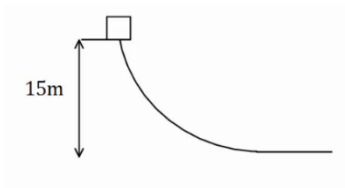
$$v_0 = \sqrt{44} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \theta_{\max} \approx 71^\circ \quad \text{ii.}$$

## עבודת החיכוך וחום:

### 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

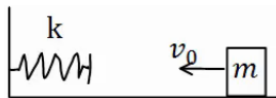
(2) Q = 275J

## 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.

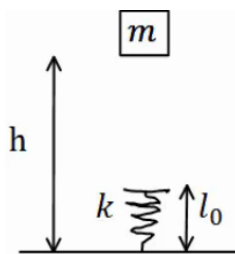
#### (2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

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:

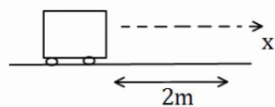
$$v \approx 4.72 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \Delta x \approx 33\text{cm} \quad \text{ג.} \quad \Delta x \approx 35.4\text{cm} \quad \text{ב.} \quad v_F \approx 4.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (1)$$

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

## העבודה שמבצע כוח

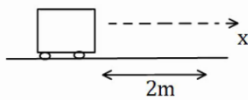
### שאלות

- 1) כוח  $F$  שגודלו  $5\text{N}$  פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- $x$ .  
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



- א. בכיוון ציר ה- $x$ .  
ב. בכיוון  $30^\circ$  עם ציר ה- $x$ .  
ג. בכיוון  $30^\circ$  מתחת לציר ה- $x$ .

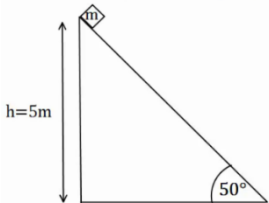
- 2) כוח  $F$  שגודלו  $5\text{N}$  פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה- $x$ .  
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



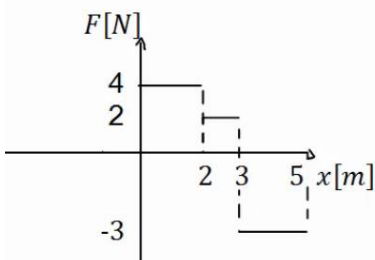
- א. בכיוון ציר ה- $y$ .  
ב. בכיוון  $30^\circ$  מעל ציר ה- $x$  השלילי.  
ג. בכיוון  $30^\circ$  מתחת לציר ה- $x$  השלילי.

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

- 4) גוף שמסתו  $m = 2\text{kg}$  מחליק על מישור משופע מגובה  $5$  מטרים ועד לתחתית המישור.  
זווית השיפוע של המישור היא  $50^\circ$ .



- 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) 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?

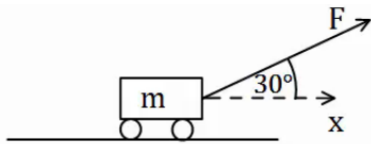
### תשובות סופיות

- |                           |                           |                     |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| $W = 5 \cdot \sqrt{3}$ .ג | $W = 5 \cdot \sqrt{3}$ .ב | $W = 10$ .א (1)     |
| $W \approx -8.66j$ .ג     | $W \approx -8.66$ .ב      | $W = 0$ .א (2)      |
|                           | $W_g = mgh$ .ב            | $W_g = 240j$ .א (3) |
| $W_{fk} = -16.79j$ .ג     | $W_g = 100j$ .ב           | $W_N = 0$ .א (4)    |
|                           | $W = -6j$ .ב              | $W = 4j$ .א (5)     |

## אנרגיה קינטית והקשר לעבודה

### שאלות

#### (6) כוח מושך קרונית בזווית



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

א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.

ב. מצא את העבודה של כל כוח, אם ידוע שהקרונית התקדמה 5 מטרים בכיוון ציר ה- $x$ .

ג. מהי מהירות הקרונית לאחר 5 המטרים, אם התחילה לנוע ממנוחה?

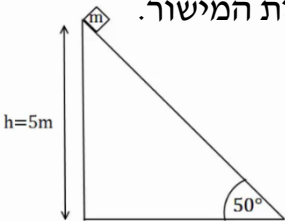
#### (7) המשך לדוגמא 4

גוף שמסתו  $m = 2kg$  מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.

זווית השיפוע של המישור היא  $50^\circ$ . מקדם החיכוך הקינטי הוא  $\mu_k = 0.2$ .

א. מצא את עבודת הכוחות.

ב. מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה.

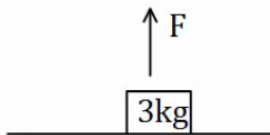


#### (8) כוח מושך גוף ישר למעלה

כוח  $F = 50N$  מושך גוף כלפי מעלה.

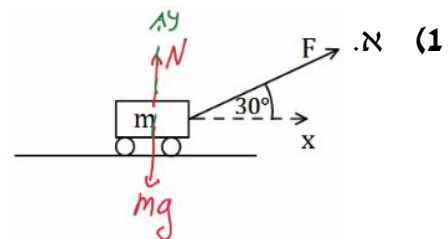
מצא את מהירות הגוף בגובה 8 מטרים מעל הקרקע.

מסת הגוף היא 3 ק"ג.



### תשובות סופיות

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



א.  $W_N = 0, W_g = 100j, W_{fk} = -16.79$     ב.  $v_F \approx 9.12 \frac{m}{sec}$

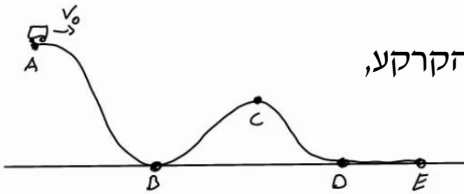
א.  $v_p \approx 10.33 \frac{m}{sec}$     ב.

## 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.

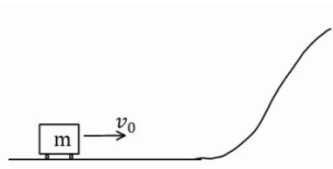


#### (2) עגלה עולה על גבעה

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

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

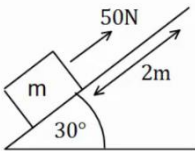
$$v_F = \pm v_0 \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 20\text{m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

## אנרגיה כללית ומשפט עבודה-אנרגיה

### שאלות

#### (1) כוח מעלה במדרון משופע

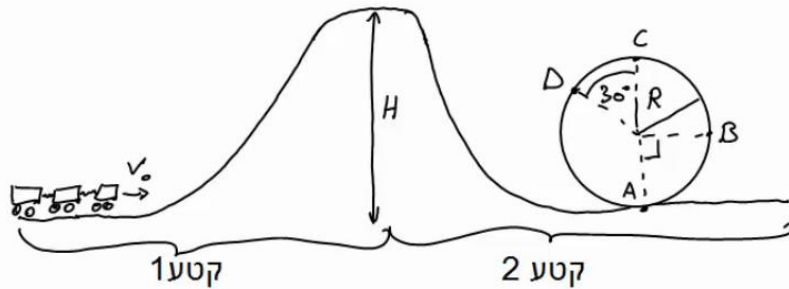
כוח של 50 ניוטון פועל על גוף במקביל למשטח משופע בעל זווית של  $30^\circ$ . מסת הגוף היא  $m = 4\text{kg}$  והוא מתחיל תנועתו ממנוחה. חשב את מהירות הגוף לאחר שהתקדם 2 מטרים במעלה המדרון (אין חיכוך).



#### (2) עוד רכבת הרים

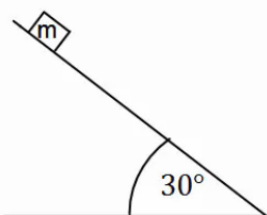
רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור. לרכבת מהירות התחלתית נמוכה  $v_0$ .

- 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.
- מצא את העבודה הכוללת המבצע הכוח  $F$  על הרכבת.
  - מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.



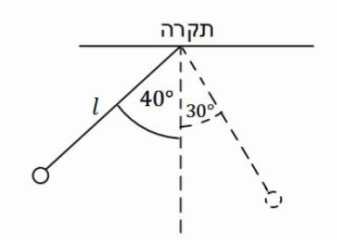
#### (3) מסה מחליקה במדרון

- מסה  $m = 4\text{kg}$  מונחת במנוחה בגובה  $h = 5\text{m}$  על מדרון משופע. שיפוע המדרון הוא  $30^\circ$ .
- מצא את מהירות המסה בתחתית המדרון אם אין חיכוך בינה למשטח.
  - חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא  $\mu_k = 0.2$ .
  - חזור על סעיף ב' אם בנוסף לחיכוך יש גם כוח  $F = 60\text{N}$ , במקביל למדרון ובכיוון תנועת המסה.



**מטוטלת (4)**

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



- מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?
- מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?
- מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה לזווית של  $30^\circ$ ?
- מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

**תשובות סופיות**

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

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

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

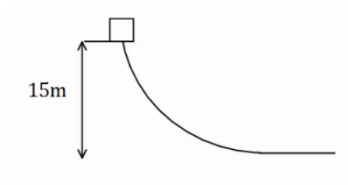
$$W_T = 0 \quad \text{א.} \quad (4)$$

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

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

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

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

**עבודת החיכוך והחום****שאלה****גוף נופל ממסלול עקום (1)**

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.

**תשובה**

$$Q = 275 \text{ J} \quad (1)$$

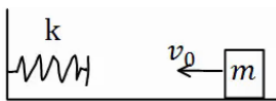
## אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ

### שאלות

#### (1) מסה וקפיץ במישור אופקי

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

המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה) בעל קבוע קפיץ  $k = 10 \frac{N}{m}$ .



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.

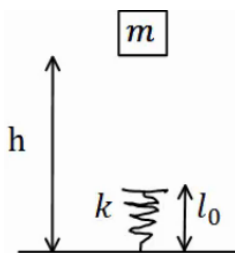
מקדם החיכוך הוא  $\mu_k = 0.2$  והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא 0.5m.

#### (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  $\ell_0 = 10\text{cm}$ , וקבוע הקפיץ הוא  $k = 100 \frac{N}{m}$ .



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

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

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

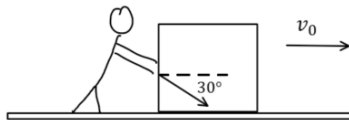
## עבודה ואנרגיה – תרגילים

### 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 של 30 מעלות לכיוון הרצפה.

לארגז ישנה גם מהירות התחלתית, שגודלה  $v_0 = 0.2 \frac{m}{s}$ ,

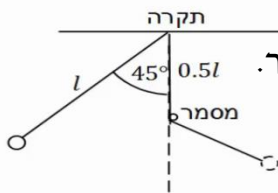


וכיוונה ימינה באיור.

- ציירו תרשים כוחות על הארגז.
- חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות.
- מהו הכוח השקול (גודל וכיוון) ומהי העבודה שמבצע הכוח השקול? ודאו כי התוצאה מתיישבת עם התוצאה של סעיף ב'.
- חשבו את מהירותו הסופית של הארגז, משיקולי אנרגיה.
- 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  $\ell = 80\text{cm}$ . המטוטלת מוסטת לזווית של  $45^\circ$  ומשוחררת ממנוחה. בגובה  $0.5\ell$  מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר. מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

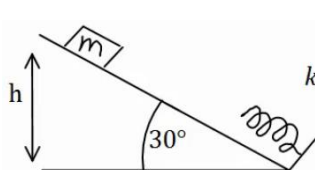


#### (3) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ

מסה  $m = 20\text{gr}$  מחליקה מגובה  $h = 1\text{m}$ , וממנוחה, על מדרון משופע בזווית של  $30^\circ$ .

בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי בעל קבוע קפיץ  $k = 100 \frac{N}{m}$

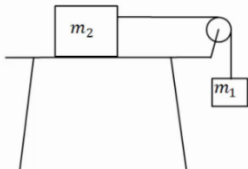
ואורך רפוי של 15 ס"מ.



- מהו הכיוון המקסימלי של הקפיץ ומהו הגובה המקסימלי אליו תחזור המסה אם המשטח חלק?  $k$
- 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**

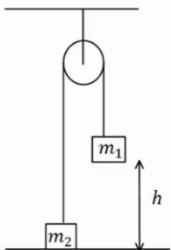
מסה,  $m_2 = 4\text{kg}$ , נמצאת על שולחן ומחוברת דרך חוט וגלגלת אידיאלית למסה,  $m_1 = 2\text{kg}$ , התלויה באוויר. גובה המסה  $m_1$  מעל הקרקע הוא  $h = 2\text{m}$ . המערכת מתחילה לנוע ממנוחה.



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

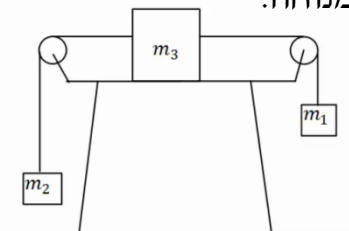
**(5) שתי מסות תלויות מהתקרה**

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**

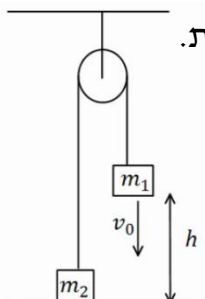
במערכת הבאה שלוש מסות.  $m_1 = 5\text{kg}, m_2 = 2\text{kg}, m_3 = 3\text{kg}$ . כל הגלגלות והחוטים אידיאליים. המערכת מתחילה ממנוחה.

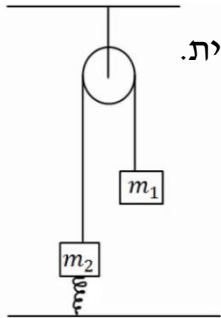


- א. מצא את המהירות כתלות בהעתק של  $m_1$ . הנח שהשולחן חלק.
- ב. חזור על סעיף א' אם יש חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הקינטי הוא  $\mu_k = 0.2$ .

**(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  $v_0$ . א. מצא את הגובה המינימלי אליו תגיע  $m_1$ . (הנח שהיא אינה פוגעת בקרקע). ב. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של  $m_2$ .





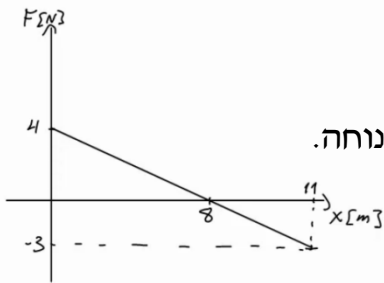
**8) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ**

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.

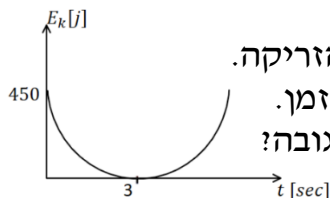
- א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18\text{m}$ .
- ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6\text{m}$ .

**10) כדור מקפץ מאבד אנרגיה**

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה  $3\text{m}$ . בכל פעם שהכדור פוגע ברצפה הוא מאבד  $8\%$  מהאנרגיה שלו.

- א. מה הגובה המקסימאלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה הראשונה?
- ב. מה הגובה המקסימאלי אליו יגיע הכדור לאחר הפגיעה השלישית?
- ג. כמה פעמים יפגע הכדור ברצפה, עד שגובהו המקסימאלי יהיה קטן מ- $80\text{cm}$ ?

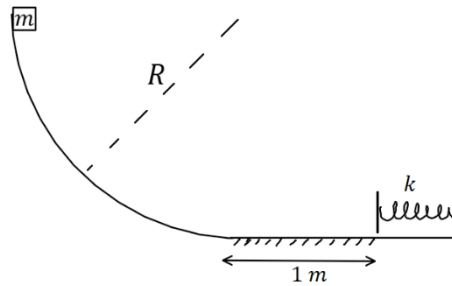
**11) זריקה אנכית עם גרף של אנרגיה קינטית**



- כדור שמסתו  $1\text{kg}$  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 המקסימאלי 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:
  1. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.
  2. מרגע הזריקה ועד שהכדור הגיע לגובה  $30\text{m}$  בדרכו חזרה.

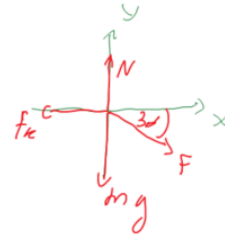
### 12) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ

- 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 לכיוון מקסימאלי של 0.1 מטר. החלק עליו נמצא הקפיץ חסר חיכוך.
- מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?
  - מהו קבוע הקפיץ?
  - מהו הגובה המקסימאלי אליו יגיע הגוף, כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?



## תשובות סופיות

א. (1) ב.  $W_N = W_{mg} = 0, W_F = 690\text{J}, W_{f_k} = -200\text{J}$



ג. בכיוון ציר ה-x,  $\Sigma F = 250\text{N}, W_{\Sigma F} = 490\text{J}$ . ד.  $v_F = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

א.  $\theta_{\max} = 65.53^\circ$  (2)

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

ב. הכיוון:  $\Delta x = 5.6\text{cm}$ , הגובה:  $h_F = 0.72\text{m}$

א.  $v_{m_1} \approx 3.65 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  (4) 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.  $|v_p| = |v_i| = |v_0|$

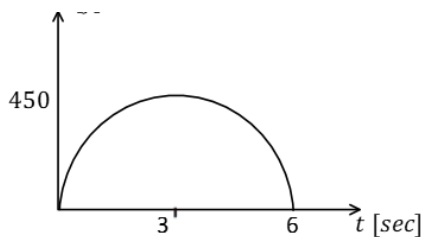
א. (8)  $x_0 = 2\text{m}$  ב.  $v \approx 2.58 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ג.  $\Delta x_{\max} = 4\text{m}$

א. (9)  $v(x=18) = 3.00 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ב.  $v(x=6) = 4.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א. (10)  $h_{\max} = 2.76\text{m}$  ב.  $h_{\max} = 2.336\text{m}$  ג.  $n = 16$

א. (11)  $t = 3\text{sec}$ ,  $v_s = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ב.  $45\text{m}$  ג.  $450$

ד.  $-450\text{J}$  2.  $-300\text{J}$



א. (12)  $5.83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  ב.  $6,800 \frac{\text{N}}{\text{m}}$  ג.  $1.4\text{m}$

## 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- $9 \frac{km}{hr}$  ל- $27 \frac{km}{hr}$  בתוך 4sec?  
 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 הספק המנועים (בהנחה שהם שווים) על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?



- (5) הספק כאשר נתון המיקום כתלות בזמן  
 כוח יחיד פועל על גוף שמסתו 4kg, הכוח פועל 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-  $t = 2 \text{ sec}$ ?

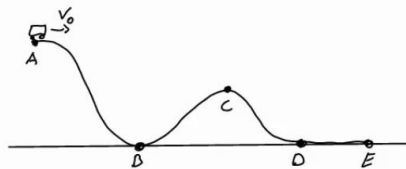
### תשובות סופיות

- (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)  $F = 2500 \text{ N}$ ,  $\bar{p} = 16.76 \text{ HP}$
- (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.  $p(t = 2) = 56 \text{ W}$

## אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

### שאלות:

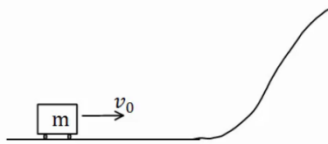
#### (1) רכבת הרים



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:

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

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

## 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 קרונוט. הקרון הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק"ג כל אחד. שאר הקרונוט 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  $4\text{kg}$ , 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)  $\Delta E_k \approx 385,800\text{J} = W_{\sum \vec{F}}$  א.      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)  $\Delta t = 3.5\text{sec}$  א.      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.  $p(t=2) = 56\text{W}$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 10 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

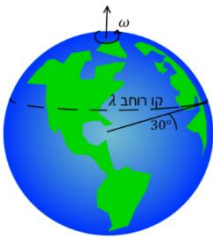
113	1. תיאוריה ודוגמאות
(ללא ספר)	2. תאוצה זוויתית
117	3. תרגילים נוספים

## תיאוריה ודוגמאות:

### שאלות:



- (1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעות  
 חשב את המהירות הזוויתית של מחוג השניות,  
 מחוג הדקות ומחוג השעות בשעון מחוגים.



- (2) חישוב מהירות זוויתית של כדור הארץ  
 א. חשב את המהירות הזוויתית של סיבוב כדור הארץ  
 סביב עצמו.  
 ב. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו המשווה,  
 אם רדיוס כדור הארץ הוא בערך 6,400 ק"מ?  
 ג. מהי המהירות הקווית של אדם הנמצא בקו רחב  $\lambda = 30^\circ$  ?

### (3) אבן קשורה לחוט

אבן קשורה לחוט באורך  $l = 1.5\text{m}$  ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות

זוויתית של  $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ . התעלם מכוח הכובד.  $m = 2\text{kg}$ .

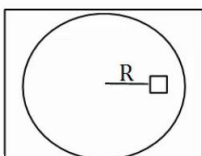
א. מהי המהירות הקווית של האבן?

ב. מהי המתוחות בחוט?

### (4) מסה על דיסק



מבט על



מסה  $M$  מונחת על דיסק החופשי להסתובב מעל שולחן אופקי.  
 המסה נמצאת במרחק  $R$  ממרכז הדיסק, ובין המסה למשטח  
 יש חיכוך. מסובבים את הדיסק במהירות זוויתית  $\omega$   
 ונתון כי המסה אינה זזה ביחס לדיסק.

א. האם החיכוך בין הדיסק למסה קינטי או סטטי?

ב. מהו גודלו וכיוונו של כוח החיכוך?

ג. מהי המהירות הזוויתית המקסימלית שבה ניתן לסובב  
 את הדיסק ככה שהמסה לא תחליק?

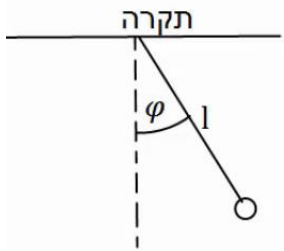
נתון  $\mu_s$ .

**(5) גוף מסתובב במהירות קבועה**

גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס  $R = 3\text{m}$  במהירות קבועה  $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

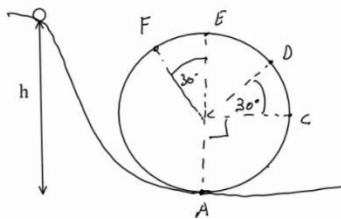
- מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
- מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
- כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

**(6) מטוטלת אופקית**



מטוטלת באורך  $l = 2\text{m}$  תלויה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי. זווית החוט עם האנך לתקרה היא  $\varphi = 30^\circ$  והיא קבועה במהלך התנועה. מצא את זמן המחזור ותדירות הסיבוב של המטוטלת, אם ידוע שהתנועה קצובה.

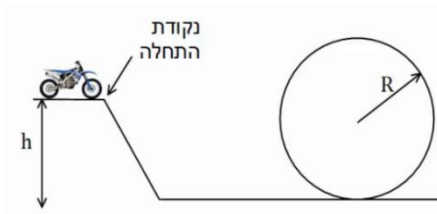
**(7) כדור בלופ**



כדור קטן מאוד מתחיל להתגלגל ממנוחה מגובה  $h = 6\text{m}$  ונכנס לתוך מעגל אנכי. נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה. רדיוס המעגל הוא  $R = 2\text{m}$ .

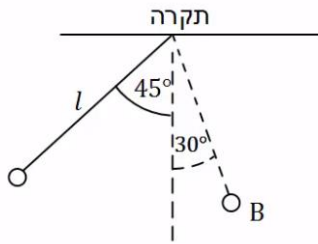
- מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).
- מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
- מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
- מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

**(8) רוכב אופנוע במעגל אנכי**



רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציר. מהי המהירות ההתחלתית המינימלית הנדרשת עבור הרוכב, כך שיוכל להשלים את הסיבוב האנכי?

הנח שהרוכב אינו משתמש במנוע לאחר נקודת ההתחלה. נתון:  $h, R$ .

**9) כוחות במטוטלת**

מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של  $45^\circ$  מעלות.

אורך החוט הוא  $l$  והמסה היא  $m$ .

א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

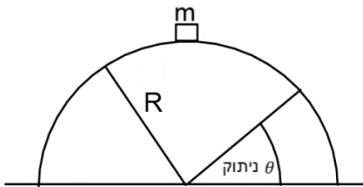
ב. מהי המתחיות בחוט ברגע זה?

ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת

בזווית  $30^\circ$  מעלות?

ומהי המתחיות בחוט באותה נקודה?

ד. מהי המתחיות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?

**10) קופסה מחליקה על גבעה מעגלית**

קופסה במסה  $m$  מונחת על ראש גבעה בצורת

חצי מעגל ברדיוס  $R$ .

הקופסה מתחילה להחליק לאחד הצדדים

ממנוחה כאשר אין חיכוך בינה לבין הגבעה.

מצא באיזה זווית הקופסה תתנתק מהגבעה.

## תשובות סופיות:

$$(1) \text{ מחוג שניות: } 0.105 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \text{ מחוג דקות: } 1.75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, \text{ מחוג שעות: } 7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$(2) \text{ א. } 7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } 465 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } 400 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(3) \text{ א. } |\vec{v}| = \omega R = 4.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } T \approx 27 \text{ N}$$

$$(4) \text{ א. סטטי.} \quad \text{ב. } f_s = M\omega^2 R \quad \text{ג. } \omega_{\max} = \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$$

$$(5) \text{ א. } \omega = 2 \cdot \frac{1}{\text{sec}} \quad \text{ב. תדירות: } f \approx 0.32 \cdot \frac{1}{\text{sec}} \quad \text{זמן מחזור: } T = \pi \text{ sec} \quad \text{ג. } t \approx 7.85 \text{ sec}$$

$$(6) \text{ תדירות: } f \approx 0.382 \frac{1}{\text{sec}} \quad \text{זמן מחזור: } T = 2.61 \text{ sec}$$

$$(7) \text{ א. } v_A \approx 10.95 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_C \approx 8.94 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_D \approx 7.975 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_E \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, v_F \approx 6.73 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$\text{ב. } a_r = \frac{v^2}{R} \text{ וכי, לפי הנוסחה } a_{r_A} = 60 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a_{r_B} = 40 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$\text{ג. } a_{\theta_A} = 0, a_{\theta_C} = -g, a_{\theta_D} = -10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, a_{\theta_E} = 0, a_{\theta_F} = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$\text{ד. } |\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_r^2 + a_\theta^2}$$

$$(8) v_{\min} = \sqrt{gR}$$

$$(9) \text{ א. } v = \sqrt{0.58gl} \quad \text{ב. } T = 1.58 \text{ mg} \quad \text{ג. } v_B = \sqrt{0.32gl}, T_B = 1.19 \text{ mg}$$

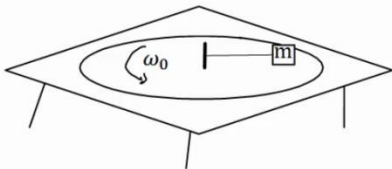
$$\text{ד. } T = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ mg}$$

$$(10) \theta = 41.8^\circ$$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) מסה על דיסק קשורה בחוט



מסה  $m$  נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן. המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן. המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק. נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית  $\omega_0$ .

מהי המתיחות בחוט אם אורכו  $L$ ?

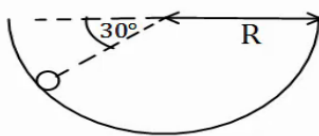
#### (2) קרוסלה בלונה פארק



במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה. רדיוס "הכתר" הוא  $R = 5\text{m}$  אורך כל כבל הוא  $l = 4\text{m}$ . הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא  $40^\circ$  מעלות.

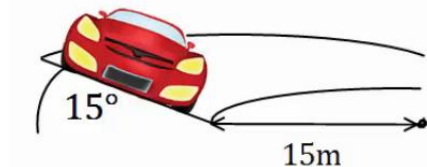
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב? שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

#### (3) כדור בקערה כדורית



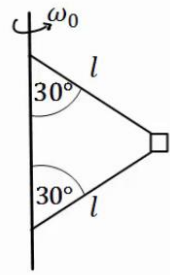
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס  $R$ . מניחים את הכדור בזווית של  $30^\circ$  מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

#### (4) מכונית במחלף



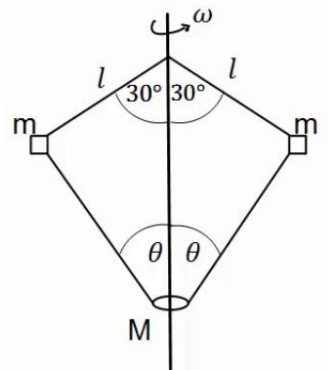
מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא  $15^\circ$  מעלות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא  $15$  מטרים. אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש, מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?

**(5) מסה קשורה לעמוד מסתובב**



בציור הבא מסה  $m$  קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב במהירות זוויתית נתונה  $\omega_0$ . אורך החוטים זהה ונתון  $l$ . הזווית של החוטים עם המוט היא  $30^\circ$  מעלות. מהי המתיחות בכל חוט?

**(6) שתי מסות קשורות למוט מסתובב וחרוז**



בציור הבא 2 מסות זהות  $m = 200g$  קשורות למוט מסתובב, באמצעות חוטים באורך  $l = 20cm$ . המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה  $M = 0.5kg$ , באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע. החרוז חופשי לנוע לאורך המוט. המוט מסתובב במהירות זוויתית  $\omega = 20 \frac{rad}{sec}$  וכל המערכת איתו. הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור. מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית  $\theta$ ?

**(7) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות**

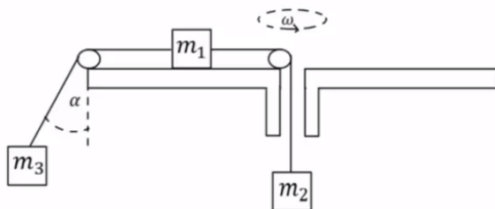
גוף שמסתו  $m_1 = 5kg$  מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית  $\omega = 2 \frac{rad}{sec}$ . הגוף קשור מצד אחד למסה  $m_2 = 3kg$  באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק. מצד שני הגוף קשור למסה  $m_3 = 1kg$  באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית  $\alpha$ , לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק. רדיוס הסיבוב של כל אחד מהגופים קבוע. נתון כי הרדיוס של  $m_1$  הוא  $R_1 = 0.3m$ .

א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.

ב. מהי המתיחות בכל חוט?

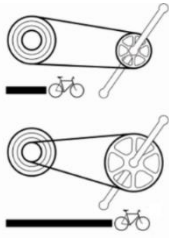
ג. מהי הזווית  $\alpha$ ?

ד. מהו  $R_3$ ?



**8) הילוכי אופניים**

הילוכים של אופניים מורכבים משני גלגלי שיניים ברדיוסים שונים ושרשרת המקיפה את שני הגלגלים. כאשר השרשרת מתוחה האורך שלה קבוע. מצאו את הקשר בין מהירות הסיבוב של גלגלי השיניים אם הרדיוסים שבהם מקיפה השרשרת כל אחד מהגלגלים ידועים.


**9) חוט נקרע במעגל אנכי גבוה\***

כדור קטן שמסתו  $m$  קשור לקצהו של חוט שאורכו  $l$ . הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה  $2l$  מעל הרצפה. כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב מעניקים לו מהירות אופקית  $v_0$ .

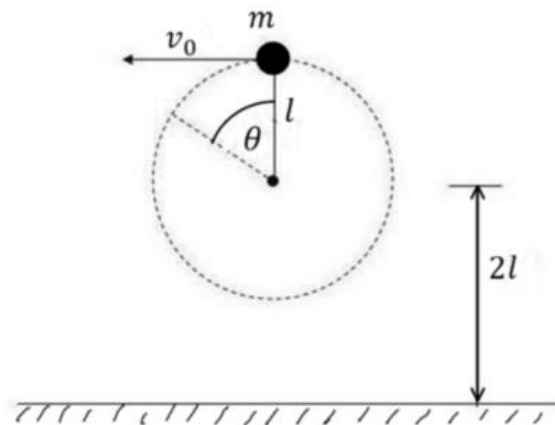
א. מה המהירות המינימלית  $v_0$  הנדרשת כדי שהכדור יבצע תנועה מעגלית שלמה?

ב. מעניקים לכדור מהירות התחלתית:  $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$ .

אם החוט נקרע ברגע שמתחילתו עולה על  $5.25mg$  מצאו את הזווית  $\theta$  שבה יקרע החוט.

ג. מה המהירות הכדור ברגע שהחוט נקרע, אם נתון ש:  $l = 2m$ ?

ד. תוך כמה זמן מרגע קריעת החוט יפגע הכדור ברצפה?



## תשובות סופיות:

$$T = m\omega_0^2 L \quad (1)$$

$$t \approx 5.98 \text{ sec} \quad (2)$$

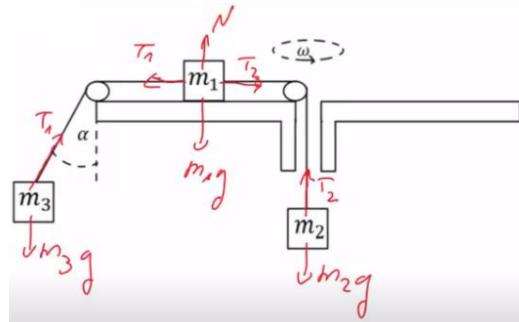
$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2}} Rg \quad (3)$$

$$v \approx 6.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (4)$$

$$T_1 = \frac{1}{2} m\omega_0^2 l + \frac{1}{\sqrt{3}} mg, \quad T_2 = \frac{1}{2} \left( m\omega_0^2 l - \frac{2}{\sqrt{3}} mg \right) \quad (5)$$

$$T_1 \approx 5.2 \text{ N}, \quad T_2 \approx 5.95 \text{ N}, \quad \theta \approx 65.16^\circ \quad (6)$$

$$T_1 = 24 \text{ N}, \quad T_2 = 30 \text{ N} \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad (7)$$



$$R_3 \approx 5.5 \text{ m} \quad \text{ד.}$$

$$\alpha \approx 65^\circ \quad \text{ה.}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} \quad (8)$$

$$0.3 \text{ sec} \quad \text{ד.} \quad 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ה.} \quad 110^\circ \quad \text{ב.} \quad \sqrt{gl} \quad \text{א.} \quad (9)$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 11 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

תוכן העניינים

- 121 ..... 1. תנועה בקו ישר -שאלה עם גרף
- 123 ..... 2. תנועה במישור- רקטה ממסתור.
- 124 ..... 3. אנרגיות וזריקה משופעת- בוכנה עם קפיץ.
- 125 ..... 4. כוח מושך במורד מדרון.
- 126 ..... 5. חוק שני וחום- בלאגן שלם.

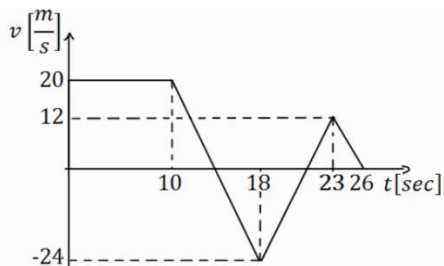
## תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף:

### 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.

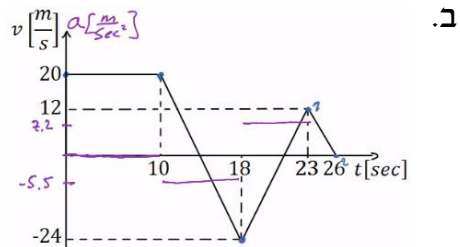
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.

ז. שרטט גרף מיקום-זמן עבור הגוף.

**תשובות סופיות:**

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

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



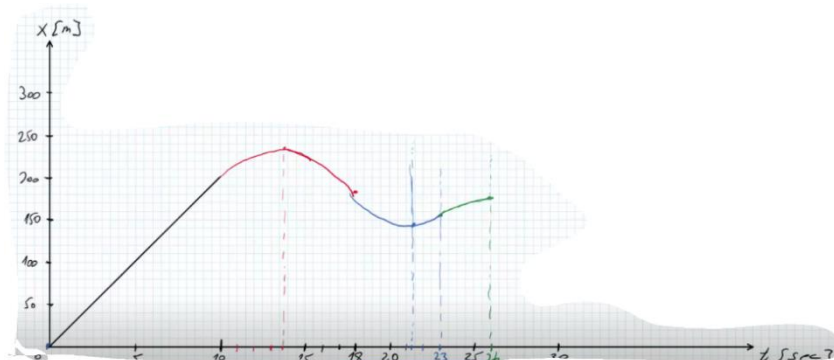
ה.

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

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

ו.

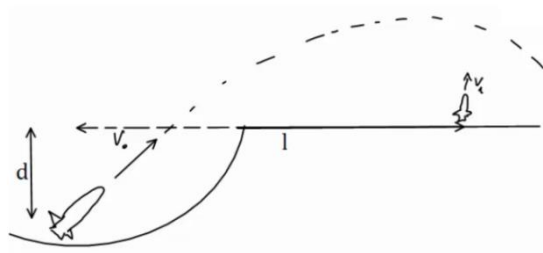
$$x(t) = \begin{cases} 20t & 0 < t < 10 \\ 200 + 20(t - 10) + \frac{1}{2}(-5.5)(t - 10)^2 & 10 < t < 18 \\ 184 + (-24)(t - 18) + \frac{1}{2}7.2(t - 18)^2 & 18 < t < 23 \\ 154 + 12(t - 23) + \frac{1}{2}(-4)(t - 23)^2 & 23 < t < 26 \end{cases}$$



## תנועה במישור – רקטה ממסתור:

### שאלות:

- (1) רקטה יוצאת מנקודת מסתור במהירות  $v_0$  ובזווית  $\theta$  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:

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

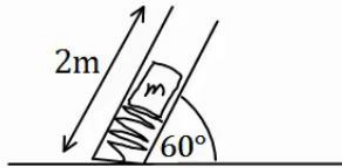
$$h = v_1(t_1 - t_0) - \frac{g}{2}(t_1 - t_0)^2 \quad \text{ב.}$$

## 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:  $k = 200 \frac{N}{m}$ .

- 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?



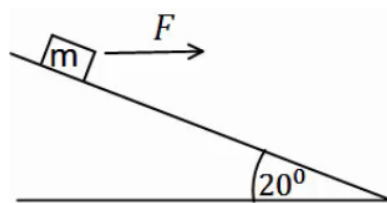
### תשובות סופיות:

- (1) א.  $v \approx 5.72 \frac{m}{sec}$     ב.  $y \approx 2.96m$     ג.  $x(t=1.26) \approx 4.6m$
- ד. מהירות:  $v_y(t=1.26) = -7.65 \frac{m}{sec}$ , גודל:  $|\vec{v}| \approx 8.17 \frac{m}{sec}$ , 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  $20^\circ$ . 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?



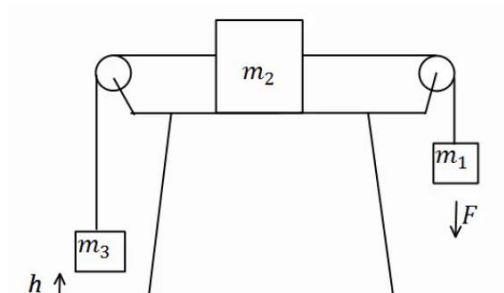
### תשובות סופיות:

- (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.  $v \approx 7.66 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

## חוק שני וחום – בלאגן שלם:

### 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  $\mu_k = 0.2$ .  
 א. מהי תאוצת המערכת?  
 ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה  $m_3$ ?  
 ג. מתי תפגע  $m_3$  ברצפה?  
 ד. כמה חום נוצר במהלך כל התנועה?



### תשובות סופיות:

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

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 12 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 13 - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

127	.....	1. חוק קולון
128	.....	2. תרגילים

## חוק קולון:

### שאלות:

#### (1) אלקטרון ופרוטון

אלקטרון ופרוטון נמצאים במרחק של 3A אחד מהשני. מהו הכוח הפועל על כל אחד מהם? (גודל וכיוון).

#### (2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים:  $q_1 = 0.2mc, q_2 = 0.3mc$ .

מיקום הגוף הראשון הוא:  $\vec{r}_1(3m,0)$  ומיקום הגוף השני הוא:  $\vec{r}_1(8m,0)$ .

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (3) שני מטענים במישור

שני גופים טעונים במטענים:  $q_1 = 15\mu c, q_2 = -20\mu c$ .

מיקום הגוף הראשון הוא:  $\vec{r}_1(0,0)$  ומיקום הגוף השני הוא:  $\vec{r}_1(5m,3m)$ .

א. חשב את הכוח החשמלי הפועל על כל גוף גודל וכיוון.

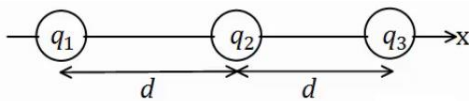
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (4) 3 מטענים על ציר ה-X

שלושה מטענים מונחים על ציר ה-x במרווחים של  $d = 10cm$  אחד מהשני.

גודל המטענים הוא:  $q_1 = 2\mu c, q_2 = -10\mu c, q_3 = 5\mu c$ .

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.



### תשובות סופיות:

(1)  $F = -2.56 \cdot 10^9 N$ , כוח המשיכה.

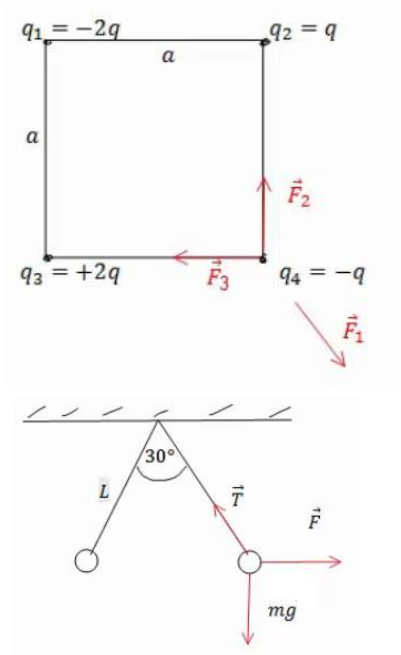
(2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב-  $F = 21.6N$ . ב.  $a_1 = -7.2 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ ,  $a_2 = 2.7 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ .

(3) א.  $|F_1| = |F_2| = 7.94 \cdot 10^{-2} N$ ,  $\theta_1 = 30.96^\circ$ ,  $\theta_2 = 210.96^\circ$ . ב.  $a_1 \approx 2.65 \cdot 10^{-2} \frac{m}{sec}$ .

(4)  $\sum \vec{F}_1 = 15.75N\hat{x}$ ,  $\sum \vec{F}_2 = 27N\hat{x}$ ,  $\sum \vec{F}_3 = 42.75N\hat{x}$

## תרגילים:

### שאלות:



#### (1) מטען בפינת ריבוע

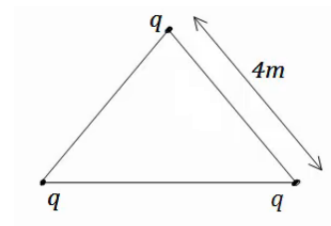
חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.  $a$  ו- $q$  נתונים.

#### (2) שני כדורים תלויים

שני כדורים בעלי מסה  $m$  ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך  $L$ , הזווית בין החוטים היא  $30^\circ$  מעלות. מצא את מטען הכדורים.

#### (3) מהירות זוויתית באטום המימן

אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של  $0.53$  אנגסטרומ. מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא:  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  ומטען האלקטרון והפרוטון הוא:  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -q_p$ .

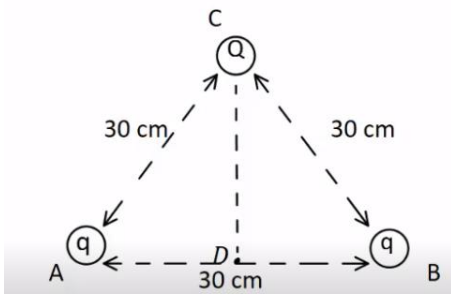


#### (4) מטענים בקודקודי משולש

שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות. גודל כל מטען הוא  $q = 2\mu\text{C}$  ואורך צלע המשולש היא  $4\text{m}$ .

מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

**(5) כוח על כדור בקצה משולש**

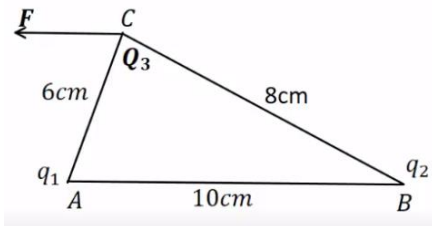


שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא:  $q = 10^{-5} \text{ C}$ , קבועים בנקודות A ו-B באיור. המרחק בין הנקודות הוא 30cm. בנקודה C הנמצאת במרחק של 30cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו 20gr והוא טעון במטען של:  $Q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

- חשב את הגודל ואת הכיוון של הכוח על הכדור ברגע בו שוחרר.
- חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר.
- חשב את תאוצת הכדור בנקודה D.

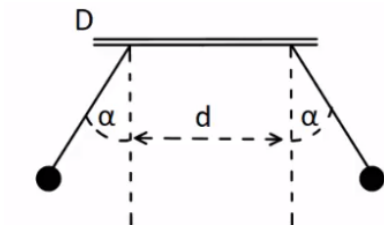
**(6) נחש את סימן המטענים**



שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB. נתון כי:  $Q_3 = 3\mu\text{C}$   $|q_1| = 3\mu\text{C}$  והכוח השקול F הפועל על  $Q_3$  פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB. בהזנחת כוח הכובד:

- מהם סימני המטענים  $q_1$  ו- $q_2$ ? נמק.
- חשב את מטען  $q_2$  אם הזווית  $\angle ACB$  היא זווית ישרה.
- מהו גודלו של הכוח השקול F?

**(7) שני מטענים תלויים**



שני כדורים שמסתם זהות  $m = 8\text{ gr}$  ומטען זהה  $q$ , תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות שהמרחק בניהם הוא  $d = 2\text{ cm}$ . נתון:  $\alpha = 30^\circ$  ו- $l = 3\text{ cm}$ . בטא את גודל המטען  $q$  באמצעות  $d, m, l, \alpha$  וחשב את גודל המטען  $q$ .

## תשובות סופיות:

$$\sum F_y = \frac{kq^2}{a^2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \quad (1)$$

$$q = \sqrt{\frac{mg}{k} \tan(15) L^2 (2 - \sqrt{3})} \quad (2)$$

$$\omega = \sqrt{17} \cdot 10^{16} \frac{1}{\text{sec}} \quad (3)$$

$$\sum F = 3.897 \cdot 10^{-3} \text{ N} \quad (4)$$

$$a = 0 \quad \text{ג.} \quad a_y = 1,732 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad 34.6 \text{ N} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\sum F_x = 37.5 \text{ N} \quad \text{ג.} \quad q_2 = 7.11 \mu\text{c} \quad \text{ב.} \quad q_1 : q_2 \text{ חיובי.} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$q \approx 5.2 \cdot 10^{-8} \text{ c} , \quad q = \sqrt{\frac{mg \tan \alpha}{k}} (d + 2l \sin \alpha) \quad (7)$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 14 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים ..... 131

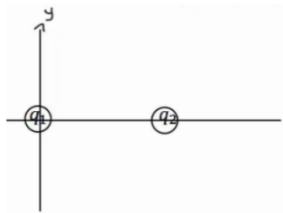
## שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

### שאלות:

#### 1) שדה בשתי נקודות

מטען  $q$  נמצא בראשית הצירים.

- חשב את השדה בנקודות  $(0, 2m)$ ,  $(1m, 3m)$ , אם נתון ש- $q = 5c$  (גודל וכיוון).
- חזור על סעיף א' אם  $q = -7c$ .
- מצא מה יהיה הכוח על מטען  $q_2 = 3c$  המגיע לנקודה  $(1m, 3m)$  עבור סעיף א'.
- מצא מה יהיה הכוח על מטען  $q_3 = -4c$  המגיע לנקודה  $(1m, 3m)$  עבור סעיף א' ללא  $q_2$ .



#### 2) חישוב שדה שקול בשלוש נקודות

מטען  $q_1 = 5\mu c$  נמצא בראשית הצירים.

מטען  $q_2 = 4\mu c$  נמצא במיקום  $(3cm, 0)$ .

מצא את השדה בנקודות הבאות:

- $(5cm, 0)$
- $(2cm, 0)$
- $(2cm, 1cm)$

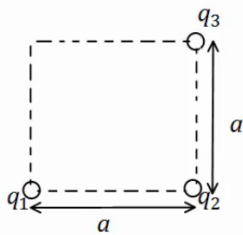
#### 3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

מטענים  $q_1, q_2, q_3$  נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע

בעל צלע  $a$ .

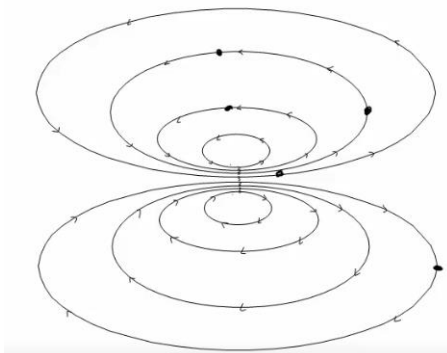
מהו השדה בפינה הרביעית?

$q_1, q_2, q_3, a$  נתונים.



#### 4) קווי שדה

באיור הבא מתוארים קווי שדה במרחב. צייר איכותית את וקטור השדה החשמלי בכל הנקודות המסומנות.



- (5) חלקיק על קו שדה**  
 חלקיק מתחיל לנוע ממנוחה במרחב בו קיים שדה חשמלי.  
 האם החלקיק ימשיך לנוע לאורך קו השדה עליו היה בתחילת התנועה לעד?
- (6) יחידות של השדה**  
 תלמיד טען שניתן לרשום את היחידות של השדה החשמלי גם כג'אול לקולון למטר. האם התלמיד צודק?
- (7) קווי שדה חוצים זה את זה**  
 תלמיד טען שקווי השדה של שני מטענים במרחב חוצים זה את זה? האם הדבר אפשרי? אם כן, אילו מטענים יקיימו טענה זו?
- (8) שדה מתאפס**  
 בתוך אזור מבודד נמצאים שני מטענים במיקומים שונים. גודל המטענים זהה וסימנם אינו ידוע. קבעו האם המטענים בעלי סימן זהה או סימן הפוך אם ידוע שקיימת נקודה במרחב שבה השדה מתאפס. הניחו שאין עוד מטענים במרחב.
- (9) גוף מרגיש שדה**  
 גוף קטן הנושא מטען של  $-5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  חשב בכוח חשמלי שגודלו  $4 \cdot 10^{-8} \text{ N}$  כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.  
 א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?  
 ב. מה יהיה הכוח על פרוטון שיהיה באותה הנקודה?
- (10) שדה מתאפס בין שני מטענים**  
 שני מטענים  $q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  ו-  $q_2 = -5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  מרוחקים  $1.8 \text{ m}$  זה מזה.  
 באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?
- (11) שדה בכמה נקודות**  
 מטען  $q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  נמצא בראשית. מטען אחר של  $q_2 = -2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  נמצא בנקודה (1,2) במטרים.  
 חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:  
 א. (0,2)  
 ב. (-1,-2)  
 ג.  $(-1,-4)^*$

## תשובות סופיות:

$$\vec{E} = 6.3 \cdot 10^9 \hat{x} + 15.75 \cdot 10^9 (-\hat{y}) \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = 1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{א.} \quad (1)$$

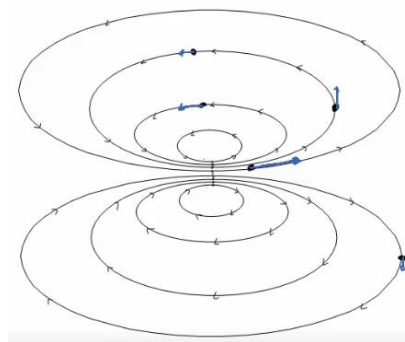
$$\vec{F}_3 = -4 \cdot (1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y}) \quad \text{ד.} \quad \vec{F} = 4.26 \cdot 10^9 \hat{x} + 12.81 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{ג.} \quad (2)$$

$$E_{1_x} = 8.05 \cdot 10^7, E_{1_y} = 4.03 \cdot 10^7, E_{2_x} = -12.73 \cdot 10^7, E_{2_y} = 12.73 \cdot 10^7 \quad (2)$$

$$E_{T_x} = -4.68 \cdot 10^7, E_{T_y} = 16.77 \cdot 10^7$$

$$E_{T_y} = \frac{kq_1}{a^2} + \frac{kq_2}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}, E_{T_x} = \frac{kq_3}{a^2} - \frac{kq_2}{2a^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

(4)



(5) לא.

(6) כן.

(7) לא.

(8) זהה.

$$\text{ב. ראה סרטון.} \quad \text{א. } |E| = 8 \frac{N}{C}, \text{ למעלה.} \quad (9)$$

$$x_2 = -6.19 \quad (10)$$

$$\vec{E} = -2.82\hat{x} - 5.63\hat{y} \frac{N}{C} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = 18\hat{x} + 9\hat{y} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$\vec{E} = -0.37\hat{x} - 1.59\hat{y} \quad \text{ג.}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 15 - חוק גאוס ברמה איכותית בלבד

תוכן העניינים

1. הסבר ..... (ללא ספר)

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 16 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים.....134

## הסבר ותרגילים:

### שאלות:

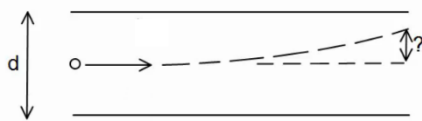
#### (1) מלוח אל לוח

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך כל צלע היא 6 ס"מ, והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה; המטען הכולל על הלוח התחתון הוא:  $Q = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון:  $\left( \begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?
- מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?
- מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

#### (2) חישוב סטייה



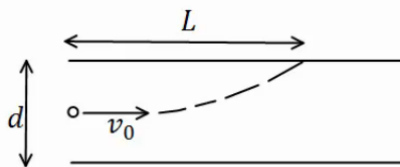
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

המטען הכולל על הלוח העליון הוא:  $Q = 3 \cdot 10^{-11} \text{ C}$ , והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות:  $v_0 = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  במקביל ללוחות:  $\left( \begin{matrix} q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{matrix} \right)$

- מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה ז' בציר ה-y) ברגע צאתו מן הלוחות.
- מהו כיוון מהירותו של האלקטרון בצאתו מן הלוחות?

#### (3) מטען לא מזוהה



שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. המרחק בין הלוחות הוא d ואורך הצלע של כל לוח גדולה בהרבה מהמרחק בין הלוחות. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה, צפיפות

המטען המשטחית על הלוח העליון היא  $\sigma$  והצפיפות על הלוח התחתון זהה והפוכה בסימנה. מטען לא מזוהה נכנס בדיוק במרכז בין הלוחות במהירות  $v_0$

- בכיוון מקביל ללוחות. המטען פוגע בלוח העליון במרחק L.
- מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.
- מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

**תשובות סופיות:**

$$(1) \quad \text{א. } t \approx 1.1 \cdot 10^{-10} \text{ sec} \quad \text{ב. } v(t) = 3.65 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } E_k = 6.06 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

$$(2) \quad \text{א. } y_x = 0.747 \text{ mm} \quad \text{ב. } \theta \approx 1.72^\circ$$

$$(3) \quad \text{א. סימן המטען שלילי.} \quad \text{ב. } \frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

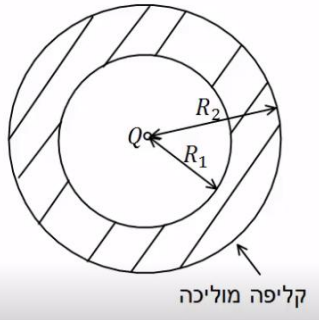
פרק 17 - מוליכים

תוכן העניינים

1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים ..... 136

## תרגילים:

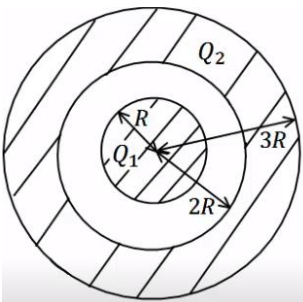
### שאלות:



**(1) מטען נקודתי וקליפה עבה**

מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .

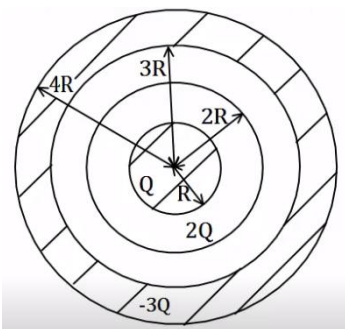
- א. מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.
- ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?



**(2) כדור מוליך וקליפה עבה טעונה**

כדור מוליך ברדיוס  $R$  טעון במטען  $Q_1$ . הכדור נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית מוליכה עם רדיוס פנימי  $2R$  ורדיוס חיצוני  $3R$ . הקליפה טעונה, וסך המטען על הקליפה הוא  $Q_2$ .

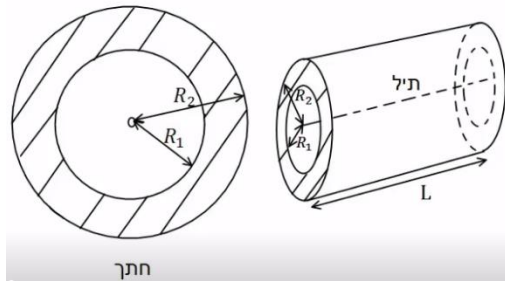
- א. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.
- ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?
- ג. מטען נקודתי  $q$  מונח ב-  $r = 1.5R$ . מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שהשפעה שלו על המערכת זניחה.



**(3) כדור מוליך קליפה דקה וקליפה עבה**

במערכת הבאה ישנו כדור מוליך ברדיוס  $R$  הטעון במטען  $Q$ . מסביב לכדור ישנה קליפה כדורית דקה ברדיוס  $2R$  הטעונה במטען  $2Q$ . את הכדור והקליפה מקיפה קליפה כדורית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי  $3R$  ורדיוס חיצוני  $4R$  הטעונה במטען כולל  $-3Q$ .

- הכדורים והקליפות קוצנטריים (בעלי מרכז משותף).
- א. מצא את השדה בכל המרחב.
- ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.


**4) תיל וקליפה גלילית עבה**

במערכת הבאה ישנו תיל באורך  $L$  הטעון במטען כולל  $Q$ . התיל נמצא במרכזה של קליפה גלילית עבה ומוליכה בעלת רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .

אורך הקליפה הוא  $L$  גם כן והיא ניטרלית. הנח שאורך התיל והקליפה גדול בהרבה מהרדיוסים.

- א. מהי צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל?
- ב. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.
- ג. מהי צפיפות המטען על שפת הקליפה?

## תשובות סופיות:

$$\sigma_1 = \frac{q_1}{4\pi R_1}, \sigma_2 = \frac{q_2}{4\pi R_2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} \frac{kQ}{r^2} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{א. (1)} \\ \frac{kQ}{r^2} & R_2 < r \end{cases}$$

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}, \sigma_3 = \frac{q_3}{4\pi (3R)^2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ_1}{r^2} & R < r < 2R \quad \text{א. (2)} \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r^2} & 3R < r \end{cases}$$

$$F = q \frac{kQ_1}{(1.5R)^2} \quad \text{ג.}$$

$$\sigma_1 = \frac{Q}{4\pi R^2}, \sigma_2 = \frac{Q}{8\pi R^2}, \sigma_3 = \frac{-3Q}{4\pi 9R^2} \quad \text{ג.}$$

$$E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ}{r^2} & R < r < 2R \\ \frac{k3Q}{r^2} & 2R < r < 3R \quad \text{א. (3)} \\ 0 & 3R < r < 4R \\ 0 & 4R < r \end{cases}$$

$$E = \begin{cases} \frac{2k\lambda}{r} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \quad \text{ג.} \\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2 < r \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{Q}{L} \quad \text{א. (4)}$$

$$\sigma_1 = -\frac{\lambda}{2\pi R_1} \quad \text{ג.}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 18 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

139	1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי
141	2. פוטנציאל ומתח
143	3. פוטנציאל במוליכים
144	4. תרגילים נוספים

## עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי:

### שאלות:

#### (1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

מהי העבודה הדרושה להביא מטען  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהאינסוף למרחק  $r = 50 \text{ cm}$  ממטען  $Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  המקובע במקום?

#### (2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

מטען  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  בעל מסה  $m = 10^{-3} \text{ kg}$  נע מהאינסוף במהירות  $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  כלפי מטען  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  המקובע במקום.  
 א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?  
 ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו  $100 \text{ m}$ ?

#### (3) עבודה להרחיק שני מטענים

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים:  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ ,  $Q_2 = -4 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ממרחק  $r_1 = 20 \text{ cm}$  למרחק  $r_2 = 40 \text{ cm}$ .  
 בדוק האם הסימן הגיוני.

#### (4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}$  לתוך קליפה כדורית ברדיוס  $R = 0.8 \text{ m}$  הטעונה בצפיפות מטען משטחית  $\sigma = 2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .

#### (5) עבודה של לוח אינסופי

מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  נמצא במרחק  $d = 30 \text{ cm}$  מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח  $\sigma = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .  
 חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

**6) מטען זה בין שני לוחות**

שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות  $\sigma = \pm 3 \cdot 10^{-3} \frac{C}{m^2}$ .

המרחק בין הלוחות הוא  $d = 5 \text{ cm}$ .

מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

**תשובות סופיות:**

$$W = 108 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad (1)$$

$$r = 90 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$v_F \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$W = 0.27 \text{ J}, \quad \text{כ.} \quad (3)$$

$$W = 5.43 \cdot 10^3 - 0 \quad (4)$$

$$W = 170 \text{ J} \quad (5)$$

$$W = 33.9 \text{ J} \quad (6)$$

## פוטנציאל ומתח:

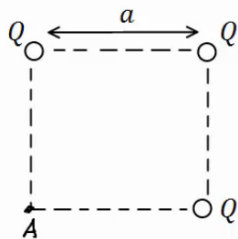
### שאלות:

#### (1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  במרחק  $r_1 = 0.8 \text{ m}$  ובמרחק  $r_2 = 0.3 \text{ m}$  מהמטען. מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהמרחק הראשון למרחק השני?

#### (2) 3 מטענים בפינות של ריבוע

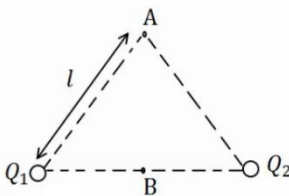
בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים  $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ . אורך צלע הריבוע היא  $a = 3 \text{ cm}$ .



- חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.
- חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.
- חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען  $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

#### (3) שני מטענים על משולש שווה צלעות

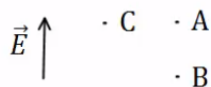
שני מטענים זהים  $Q_1 = Q_2 = 10^{-6} \text{ C}$  נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע  $l = 5 \text{ cm}$ .



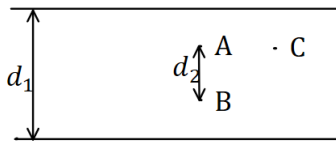
- מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.
- חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של  $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מהקדקוד אל אמצע הצלע.

#### (4) פוטנציאל בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך. ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.



- איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?
- איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?
- איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?
- איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

**5) מתח בין לוחות**

שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק  $d_1 = 40\text{cm}$  זה מזה. המתח בין הלוחות הוא  $V = 20\text{V}$ , וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

ג. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$

מ-A ל-B, אם ידוע שהמרחק בין הנקודות הוא  $d_2 = 5\text{cm}$ ?

ד. מהו המתח בין A ל-B?

ה. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-C - הנמצאת באותו

הגובה של A?

**תשובות סופיות:**

$$W = 18.75 \cdot 10^{-2}\text{J} \quad (1)$$

$$W = -27.65\text{J} \quad \text{ג.}$$

$$V_B = 25.46 \cdot 10^6\text{V} \quad \text{ב.}$$

$$V_A = 16.24 \cdot 10^6\text{V} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$W_{A \rightarrow B} = 1.8\text{J} \quad \text{ב.}$$

$$V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5\text{V} \quad \text{א.} \quad (3)$$

(4) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.

ב. התחתון. ג. B. ד. הפוטנציאל שווה.

$$E = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ב.}$$

(5) א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.

ה. 0

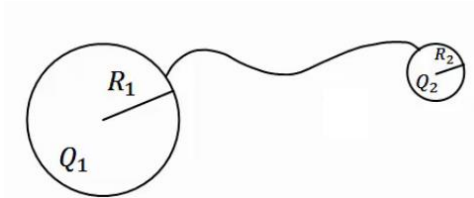
$$V_{AB} = 2.5\text{V} \quad \text{ד.}$$

$$-W_{AB} = -5 \cdot 10^{-6}\text{J} \quad \text{ג.}$$

## פוטנציאל במוליכים:

### שאלות:

#### (1) שני כדורים מוליכים מחוברים



שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים  $R_1, R_2$  נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני. הכדורים טעונים במטענים  $Q_1, Q_2$  בהתאמה. מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך. מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

#### (2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת

מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס  $R$ . מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

### תשובות סופיות:

$$q_1' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad q_2' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

$$q = Q \quad (2)$$

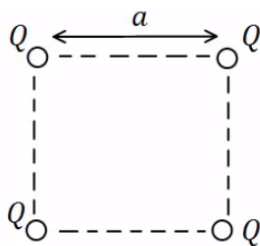
## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) אנרגיה חשמלית של מערכת

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים:  $Q_1 = Q_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  הנמצאים במרחק 80 ס"מ זה מזה.

#### (2) מטענים בפינות ריבוע



בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע  $a = 0.5 \text{ m}$  ישנם מטענים זהים שגודלם הוא:  $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ .

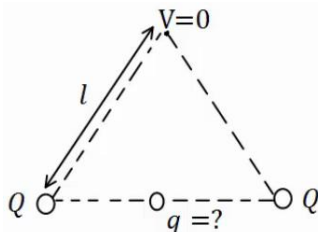
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען  $q = 3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  לנקודה מסעיף ב'?

ד. מהי האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של המערכת לאחר סעיף ג'?

#### (3) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים

מטענים זהים שגודלם הוא:  $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

מטען נוסף,  $q$ , מונח במרכז הצלע שביניהם.

אורך הצלע של המשולש הוא:  $l = 20 \text{ cm}$ .

א. מצא את גודלו של המטען  $q$  כך שהפוטנציאל

בקודקוד השלישי יתאפס.

ב. חזור על סעיף א' אם המטען  $q$  נמצא במרכז של צלע אחרת במשולש.

#### (4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15V.

א. מהי העבודה להביא מטען בוחן מהאינסוף לנקודה זו?

ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = -3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מפוטנציאל

של  $V = 5 \text{ V}$  לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של  $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  מנקודה זו

לפוטנציאל של 10V?

**(5) עבודה לא תלויה במסלול**

מטען נקודתי  $Q_1 = 10^{-5} \text{ c}$  ממוקם בראשית הצירים.

מטען נקודתי נוסף  $Q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ c}$  ממוקם ב-  $(0.8\text{m}, 0)$ .

א. מצא את הפוטנציאל בנקודות:  $A(1.5\text{m}, 0)$ ,  $B(1.5\text{m}, 1\text{m})$ ,  $C(0.8\text{m}, 1\text{m})$ .

ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען  $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ c}$  מנקודה A ל-B?

ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?

ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

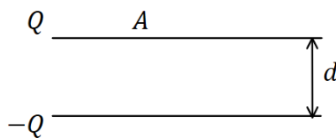
**(6) אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים**

אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים של  $300\text{V}$ . האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?

ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

**(7) פרוטון נע בין לוחות**

שני לוחות גדולים בעלי שטח  $A = 2\text{m}^2$  נמצאים במרחק  $d = 10\text{cm}$  אחד מהשני.

טוענים את אחד הלוחות במטען  $Q = 6 \cdot 10^{-3} \text{ c}$ , ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו.

א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.

ב. מהו השדה בין הלוחות?

ג. מהו המתח בין הלוחות?

ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי.

מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?

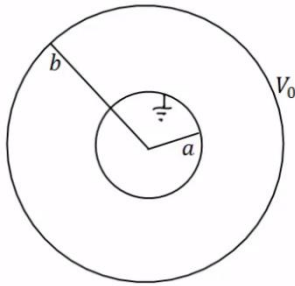
$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**(8) פוטנציאל של כדור מוליך**

כדור מוליך שרדיוסו  $R = 20\text{cm}$  טעון במטען  $Q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ c}$ .

א. מהו השדה החשמלי במרחק  $r_1 = 25\text{cm}$  ובמרחק  $r_2 = 15\text{cm}$  ממרכז הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

**9 מטענים על קליפות**

במערכת הבאה ישנם שתי קליפות כדוריות מוליכות, דקות, ברדיוסים  $a$ ,  $b$ . הקליפה החיצונית מוחזקת במתח  $V_0$  והקליפה הפנימית מוארקת. השתמש בפוטנציאל של קליפה כדורית בודדת ובעקרון הסופרפוזיציה וחשב את המטען על כל קליפה.

**10 מתח בין שני כדורים מוליכים**

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים:  $R_1 = 1\text{m}$  ו-  $R_2 = 1.4\text{m}$ , טעונים במטענים:  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  ו-  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{C}$ .

- א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.  
 ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא  $d = 5\text{m}$ .  
 הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

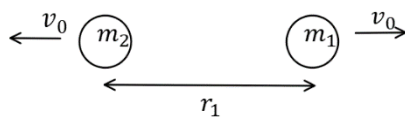
**11 שני מטענים מתרחקים**

שני גופים בעלי מסות  $m_1 = 20\text{gr}$  ו-  $m_2 = 60\text{gr}$  ומטענים ו-  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-6}\text{C}$  נמצאים במרחק  $r_1 = 80\text{cm}$  זה מזה, ובמנוחה.

- א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא  $r_2 = 1.2\text{m}$ ?  
 ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

**12 שני מטענים מתרחקים ומתקרבים**

שני גופים בעלי מסות  $m_1 = 25\text{gr}$  ו-  $m_2 = 50\text{gr}$  ומטענים  $Q_1 = 4 \cdot 10^{-6}\text{C}$  ו-  $Q_2 = -5 \cdot 10^{-6}\text{C}$  נמצאים במרחק  $r_1 = 1\text{m}$  זה מזה.



לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

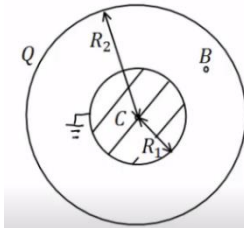
גודל המהירות ההתחלתית של שני הגופים הוא  $v_0 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

- א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא  $r_2 = 5\text{m}$ ?  
 ב. מהו  $v_0$  המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?  
 ג. כעת נניח כי  $v_0$  שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'. מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?  
 ד. מצא את מהירות הגופים כאשר  $r_3 = 0.5\text{m}$ .

### 13) 1000 טיפות שמן

1000 טיפות שמן זהות טעונות במטען זהה ונמצאות בפוטנציאל זהה  $v_1$ .  
הטיפות מתחברות לטיפה אחת גדולה. מהו הפוטנציאל של הטיפה הגדולה ( $v_1$  נתון)?  
רמז: ניתן להתייחס לכל טיפה ככדור מוליך.

### 14) כדור מוליך מוארק בתוך קליפה כדורית



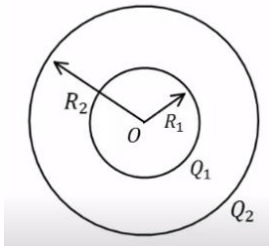
כדור מוליך ברדיוס  $R_1 = 5\text{c.m.}$  נמצא בתוך  
ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.

רדיוס הקליפה הוא:  $R_2 = 10\text{c.m.}$  והמטען עליה  
הוא:  $Q = 3 \cdot 10^{-7}\text{c.}$  מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות:  $r_A = 20\text{c.m.}$ ,  $r_B = 7\text{c.m.}$ ,  $r_C = 0$

ג. מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען  $Q = 10^{-10}\text{c}$  מ- $r_A$  ל- $r_C$ ?



### 15) שתי קליפות קוצנטריות מחוברות בחוט

קליפה כדורית (כדור חלול) שהרדיוס שלה  $R_1$  נמצאת  
בתוך קליפה כדורית שהרדיוס שלה  $R_2$ , ולשתי הקליפות  
מרכז משותף O (ראה תרשים). הקליפה הפנימית טעונה  
במטען חשמלי חיובי  $Q_1$ , והקליפה החיצונית טעונה  
במטען חשמלי חיובי  $Q_2$ . שתי הקליפות עשויות מחומר מוליך.

א. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הגודל של השדה החשמלי ששתי  
הקליפות יוצרות בכל אחת מהנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה הפנימית, אך קרובה אליה מאוד,  
מרחקה מ-O ייחשב ל- $R_1$ .

iii. נקודה הנמצאת מחוץ לקליפה החיצונית, אך קרובה אליה מאוד,  
מרחקה מ-O ייחשב ל- $R_2$ .

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה, את הפוטנציאל החשמלי הכולל ששתי  
הקליפות יוצרות בכל אחת משלוש הנקודות הבאות:

i. הנקודה O.

ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.

iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

ג. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה,  
ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.

בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על כל אחת משתי  
הקליפות לאחר שנפסק הזרם בתיל.

## תשובות סופיות:

$$U \approx 0.101 \text{ J} \quad (1)$$

$$W \approx 6.25 \cdot 10^{-5} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad V_A = 20.84 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$W = 3.96 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{ד.}$$

$$q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{ב.} \quad q = -3.46 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{א.} \quad (3)$$

$$W = -3 \cdot 10^{-5} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W = 3 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{ב.} \quad W = 15 \text{ J} \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$W = -10^{-5} \text{ J} \quad \text{ד.}$$

$$V_A = 3.17 \cdot 10^5 \text{ V}, V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 \text{ V}, V_C = 2.5 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$W_{AC} = -2.01 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ד.} \quad W_{B \rightarrow C} = 1.59 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} \text{ J} \quad \text{ב.}$$

$$V_F \approx 1.02 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \Delta U = -300 \text{ eV} / = 4.8 \cdot 10^{-17} \text{ J} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$V = 3.39 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{ב.} \quad \sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.}$$

$$E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}, E(r_2) = 0 \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 \text{ V}, V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{ב.}$$

$$q_1 = \frac{bv_0}{k} \cdot \frac{a}{(a-b)}, q_2 = -\frac{bv_0}{ka \left( \frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)} \quad (9)$$

$$V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$u_2 = 1.06 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_1 = -3.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad u_1 \approx -1.84 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 0.612 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$u_1 = -7.96 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 1.48 \frac{\text{m}}{\text{sec}} / u_1 = 4.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = -4.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$u_1 = -3.79 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, u_2 = 1.35 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ד.} \quad r_{\max} = 1.29 \text{ m} \quad \text{ג.} \quad v_{0_{\min}} \approx 2.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

$$V_{1000} = 100V_1 \quad (13)$$

$$V_A = 6.75 \cdot 10^3 \text{ V}, V_B \approx 7.71 \cdot 10^3 \text{ V}, V_C = 0 \quad \text{ב.} \quad q = -1.5 \cdot 10^{-7} \text{ C} \quad \text{א.} \quad (14)$$

$$W_{A \rightarrow C} = -6.75 \cdot 10^{-7} \text{ J} \quad \text{ג.}$$

$$E_T = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2^2} \quad \text{.iii} \quad E_T = \frac{kQ_1}{R_1^2} \quad \text{.ii} \quad E_T = 0 \quad \text{.i. א.} \quad (15)$$

$$V_T(R_2) = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2} \quad \text{.iii} \quad V_T(R_1) = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{.ii} \quad V_T = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{.i. ב.}$$

$$q_1' = 0, q_2' = Q_1 + Q_2 \quad \text{ג.}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 19 - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

149	1. הזרם החשמלי
151	2. המתח החשמלי וחוק אוהם
152	3. התנגדות
154	4. כאמ ומתח הדקים
(ללא ספר)	5. סיכום הפרק
155	6. תרגילים

## הזרם החשמלי:

### שאלות:

#### (1) פלאפון מחובר למטען

פלאפון המחובר למטען נטען בזרם קבוע של 1 אמפר במשך שעה אחת.

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

#### (2) זרם לתוך כדור מוליך

כדור מוליך טעון במטען של  $q_0 = 5c$ .

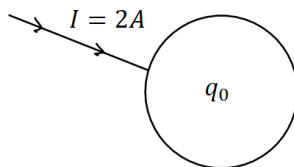
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר

זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.



#### (3) חוט מחובר ללוח

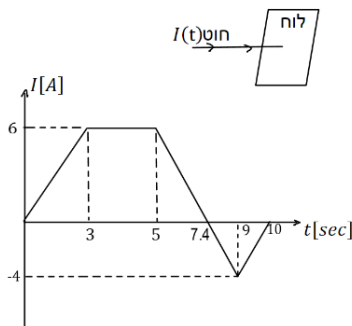
חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב- $t = 0$ .

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן

נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?



#### (4) זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביתית הוא בערך 1 אמפר.

נניח כי חוטי החשמל בבית עשויים נחושת בקוטר של 0.2 ס"מ.

מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא:  $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$

מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

## תשובות סופיות:

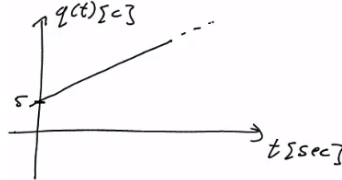
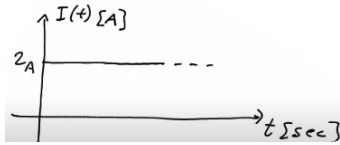
(1) א.  $\Delta q = 3600c$

ב.  $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

(2) א.  $q(t) = 5 + 2 \cdot t$

ב.

ג.



(3) א.  $\Delta q = 23c$

ב.  $q(t=5) = 21c$

(4)  $v_d = 2.341 \cdot 10^{-5} \frac{m}{sec}$

## המתח החשמלי וחוק אוהם:

### שאלות:

#### 1) חוק אוהם

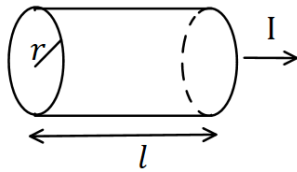
- על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.  
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.
- א. מהי ההתנגדות של המוליך?  
ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.  
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

### תשובות סופיות:

1) א.  $R = 500\Omega$       ב.  $I = 20\text{mA}$

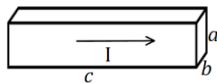
## התנגדות:

### שאלות:



#### (1) נגד גלילי

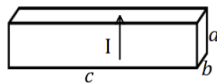
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך  $l = 1\text{m}$  ורדיוס בסיס של  $r = 2\text{mm}$ . הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית  $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).



(א)

#### (2) נגד בצורת תיבה

מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן  $a, b, c$ . התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית  $\rho$  כנתונים.

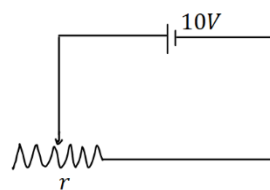


(ב)

חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים. שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

#### (3) נגד

מקור מתח בעל מתח של 10 וולט מחובר דרך חוטים אידיאליים (בעלי התנגדות זניחה) לנגד בעל התנגדות  $R = 2\Omega$ . צייר איור של המעגל וחשב את הזרם בנגד.



#### (4) נגד משתנה

במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט. המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת

$$\text{אורך } r = 50 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

**תשובות סופיות:**

$$R = 0.00137\Omega \quad (1)$$

$$R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c} \quad \text{ב.} \quad R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$, I = 5A \quad (3)$$



$$x = 10\text{cm} \quad (4)$$

## כאמ ומתח הדקים:

### שאלות:

#### 1) כאמ ומתח הדקים

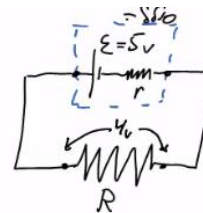
- סוללה מייצרת כא"מ של  $5V$ . לסוללה התנגדות פנימית של  $r = 2\Omega$ . מחברים את הסוללה לנגד חיצוני  $R$  שהתנגדותו אינה ידועה. נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל-  $I = 0.5A$ .
- שרטט תרשים המתאר את המעגל.
  - חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
  - מהי ההתנגדות של הנגד?

### תשובות סופיות:

ג.  $R = 8\Omega$

ב.  $V = 4V$

א. 1)



## תרגילים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

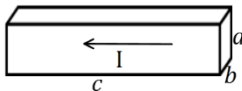
#### (2) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

#### (3) תרגיל 3

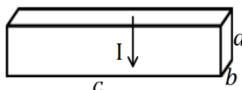
מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של  $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ , שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

#### (4) תרגיל 4



(א)

תיבה בעלת צלעות:  $a = 3\text{mm}, b = 2\text{mm}, c = 4\text{cm}$   
 עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho = 10^{-8} \Omega \cdot m$ .  
 מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים:



(ב)

#### (5) תרגיל 5

בנגד גלילי בעל שטח חתך  $A = 2\text{mm}^2$  זורם זרם של  $I = 20\text{mA}$ .  
 צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא:  $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$ .  
 מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

#### (6) תרגיל 6

נגד בעל שטח חתך  $A = 2\text{cm}^2$  ואורך  $l = 4\text{cm}$  עשוי מחומר בעל התנגדות סגולית  $\rho = 10^{-2} \Omega \cdot m$ . מחברים את הנגד באמצעות חוטים בעלי התנגדות זניחה למקור מתח אידיאלי של 5V.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהי מהירות המטענים בנגד, אם מספר האלקטרונים החופשיים

$$\text{הוא: } n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3} ?$$

**תרגיל 7 (7)**

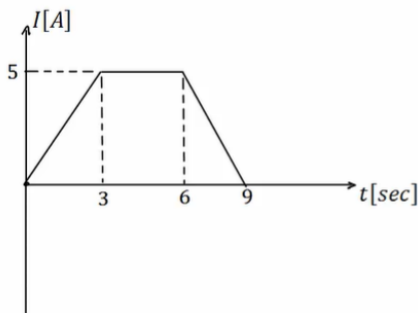
סוללה בעלת מתח  $6V$  מחוברת לנגד משתנה.  
 כאשר אורך הנגד הוא  $l = 6\text{cm}$  הזרם במעגל הוא  $1A$ .  
 מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

**תרגיל 8 (8)**

סוללה עם כא"מ של  $4V$  מחוברת למעגל חשמלי.  
 במעגל זרם זרם  $I = 0.5A$ .  
 ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא  $r = 0.5\Omega$ .  
 מהו מתח ההדקים של הסוללה?

**תרגיל 9 (9)**

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.  
 כמה מטען עבר במוליך?

**תשובות סופיות:**

**(1)**  $I = 5A$

**(2)**  $N = 1.25 \cdot 10^{19}$

**(3)**  $R = 5.51 \cdot 10^{-4}\Omega$

**(4)** א.  $R \approx 6.67 \cdot 10^{-5}\Omega$  ב.  $R = 3.75 \cdot 10^{-7}\Omega$

**(5)**  $v_d = 7.35 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

**(6)** א.  $I = 2.5A$  ב.  $v_d \approx 9.19 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

**(7)**  $r = 100 \frac{\Omega}{m}$

**(8)**  $V = 3.75V$

**(9)**  $\Delta q = 30c$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 20 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

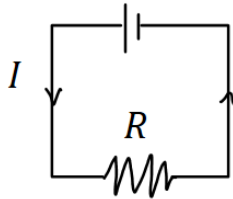
תוכן העניינים

- 157 ..... 1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים
- 158 ..... 2. הספק חשמלי
- 160 ..... 3. תרגילים נוספים

## עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

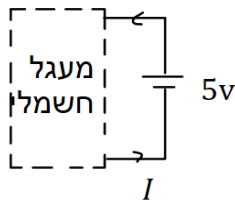
### שאלות:

#### (1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



- בנגד בעל התנגדות  $R = 30\Omega$  זורם זרם  $I = 0.3A$ .
- כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?
  - מהו המתח על הנגד?
  - מהי העבודה שמתבצעת על המטען?
  - כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?
  - כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

#### (2) חישובי עבודה של סוללה



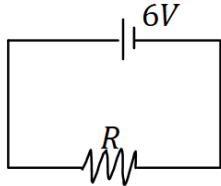
- סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו. המתח בסוללה הוא  $V = 5 \text{ Volt}$  והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא  $I = 0.4A$ .
- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
  - כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

### תשובות סופיות:

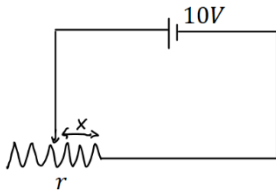
- (1) א.  $\Delta q = 0.9c$     ב.  $V = 9V$     ג.  $W = 8.1J$     ד.  $Q = 8.1J$     ה.  $W = 8.1J$
- (2) א.  $\Delta q = 0.8c$     ב.  $W = 4J$

## הספק חשמלי:

### שאלות:



- (1) **הספק של מקור ושל נגד**  
 במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו  $R = 12\Omega$ .  
 א. מהו ההספק של מקור המתח?  
 ב. מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?



- (2) **הספק בנגד משתנה**  
 במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו ליחידת אורך היא  $r = 100 \frac{\Omega}{m}$ .  
 א. מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס"מ?  
 ב. מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס"מ?  
 ג. מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

- (3) **נורה במתח אחר**  
 נורה שההספק שלה הוא 100W במתח של 220V חוברה למתח של 110V.  
 הנח שהתנגדות הנורה קבועה וחשב מה ההספק של הנורה במתח החדש.

- (4) **כמה עולה להפעיל מזגן כל הלילה**  
 מזגן של 1.5 כוח סוס פועל בהספק מרבי.  
 א. מהי כמות האנרגיה שצורך המזגן בשעה אחת ביחידות של קוט"ש (קילו וואט שעה), כאשר היחס:  $1hp = 746Watt$ ?  
 ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט"ש. כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8 שעות)?

- (5) **חום שנוצר בנגד**  
 בנגד של 10 אוהם זרם של 0.5 אמפר במשך 4 דקות.  
 כמה חום נוצר במשך הזמן שבו זרם זרם בנגד?

**תשובות סופיות:**

- (1) א.  $\rho = 3W$       ב.  $\rho = 3W$
- (2) א.  $\rho = 20W$       ב.  $\rho = 10W$       ג.  $\rho = \frac{1}{x}$
- (3)  $\rho = 25W$
- (4) א.  $W = 1.119kWhr$       ב. 4 ש.
- (5)  $Q = 600J$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1

- מקור מתח אידיאלי בעל מתח של  $5V$  מחובר לנגד בעל התנגדות של  $10$  אוהם.
- מהו הזרם בנגד?
  - מהו ההספק בנגד?
  - כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

#### (2) תרגיל 2

- על נורה רשום  $60W/220V$ .
- מהי התנגדות הנורה?
  - מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?
  - מהו ההספק הנורה במתח של  $110V$  בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה.

#### (3) תרגיל 3

- למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון הספקו  $1000W$  ובמצב השני הספקו  $1500W$ . מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.

#### (4) תרגיל 4

- נורה של  $60W$  דולקת במשך שעה כל יום.
- מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של kWh?

#### (5) תרגיל 5

- מנוע של משאבה עובד במתח של  $220V$  ובזרם של  $10A$ .
- מהי כמות המים שניתן לשאוב במשך דקה מבאר בעומק  $30m$ ? הנח שהנצילות של המנוע היא  $100$  אחוז.
  - חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא  $40$  אחוז.

**6 תרגיל 6**

- למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.  
המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.
- א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות?  
הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.
- ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.
- ג. חזור על סעיף א' ובי' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות,  
ביחידות של קלוריות.

**תשובות סופיות:**

- א. (1)  $\rho = 2.5W$       ב.  $Q = 25j / \approx 5.9cal.$       ג.  $\rho \approx 15W$
- א. (2)  $R = 807\Omega$       ב.  $\Delta q \approx 16.4c$
- (3)  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5$
- א. (4)  $E = 1.8kWh$
- א. (5)  $V = 440Litter$       ב.  $V = 176Litter$
- א. (6)  $v \approx 139 \frac{km}{hr}$       ב.  $v = 76.2 \frac{km}{hr}$       ג.  $Q = 124,333cal.$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

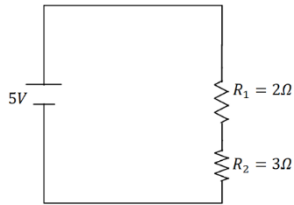
פרק 21 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

תוכן העניינים

162	1. חיבור נגדים במעגל
165	2. חוקי קירכהוף
166	3. תרגילים נוספים
(ללא ספר)	4. טעינה ופריקה של קבל
168	5. נצילות במעגל החשמלי
169	6. מקור מתח לא אידיאלי

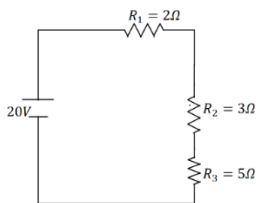
## חיבור נגדים במעגל:

### שאלות:



#### (1) דוגמה 1

חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).



#### (2) דוגמה 2

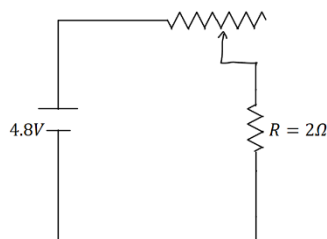
חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

(3) דוגמה 3  
סוללה עם כ"מ של 3V והתנגדות פנימית  $r = 2\Omega$  מחוברת לנגד  $R = 10\Omega$ .

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?



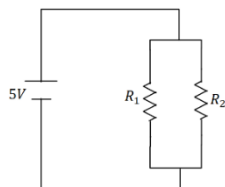
#### (4) דוגמה 4

במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.

אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת

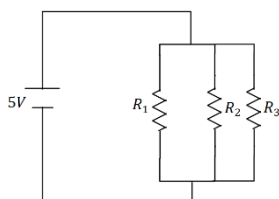
$$\text{אורך היא: } r = 2 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?



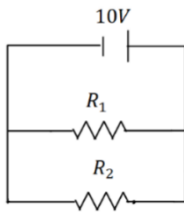
#### (5) דוגמה 5

במעגל הבא:  $R_1 = 6\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



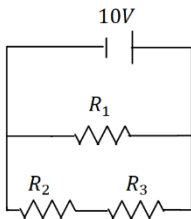
#### (6) דוגמה 6

במעגל הבא:  $R_1 = 1\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$ ,  $R_3 = 4\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



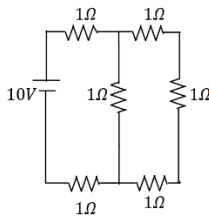
**(7) דוגמה 7**

במעגל הבא:  $R_1 = 5\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



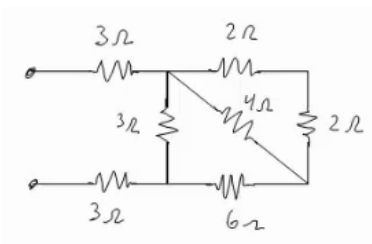
**(8) דוגמה 8**

במעגל הבא:  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 1\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



**(9) דוגמה 9**

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:



**(10) דוגמה 10**

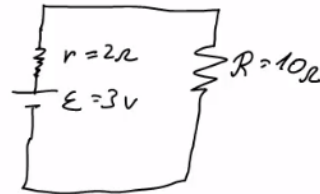
חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.

**תשובות סופיות:**

$$I = 1A, V_3 = 3V \quad (1)$$

$$I = 2A, V_1 = 4V, V_2 = 6V, V_3 = 10V \quad (2)$$

$$V = 2.5V \quad \text{ג.} \quad I = 0.25A \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad (3)$$



$$I = 2A, V_r = 0.8V, V_R = 4V \quad (4)$$

$$I = \frac{10}{3}A, V_1 = \frac{5}{6}A, V_2 = \frac{5}{2}A \quad (5)$$

$$I = 24.5A, I_1 = 14A, I_2 = 7A, I_3 = 3.5A \quad (6)$$

$$I = 5.33A, I_1 = 2A, I_2 = \frac{10}{3}A \quad (7)$$

$$I = 5A, I_1 = 2.5A, I_2 = 2.5A \quad (8)$$

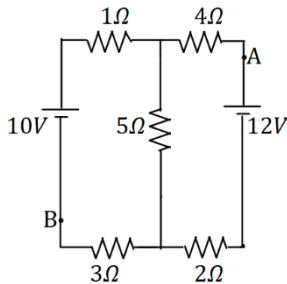
$$I = \frac{40}{11}A, I_1 = \frac{10}{11}A, I_2 = \frac{30}{11}A \quad (9)$$

$$R_T = \frac{66+24}{11} \quad (10)$$

## חוקי קירכהוף:

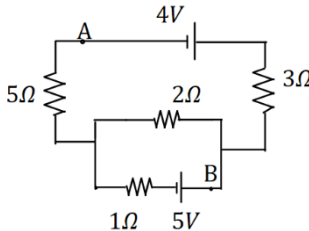
### שאלות:

#### 1 קירכהוף תרגיל 1



- במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.  
 א. מצא את הזרמים במעגל.  
 ב. מצא את  $V_{AB}$  באמצעות שני מסלולים שונים.

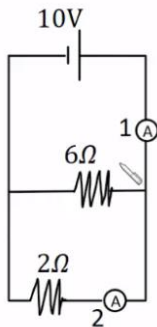
#### 2 קירכהוף תרגיל 2



- במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.  
 א. מצא את הזרמים במעגל.  
 ב. מצא את  $V_{AB}$ .

#### 3 דוגמה

מה יראה כל אמפרמטר במעגל הבא בהנחה שהם אידיאליים?



### תשובות סופיות:

א.  $I_1 = 0.67A$ ,  $I_2 \approx 1.46A$ ,  $I_3 \approx 0.79A$  (1)      ב.  $V_{AB} = 12.49V$

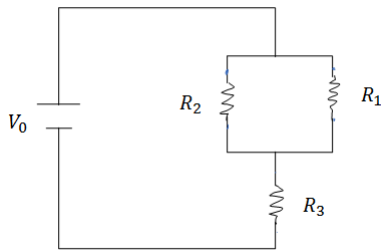
א.  $I_1 = 0.08A$ ,  $I_2 \approx 1.69A$ ,  $I_3 \approx -1.61A$  (2)      ב.  $V_{AB} = -3.79V$

(3)  $A_1 = \frac{20}{3}A$ ,  $A_2 = 5A$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### 1 תרגיל (1)



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור:  $V_0 = 31V$ ,  $R_1 = 2\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 5\Omega$ .  
 א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.  
 ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.  
 חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

#### 2 תרגיל (2)

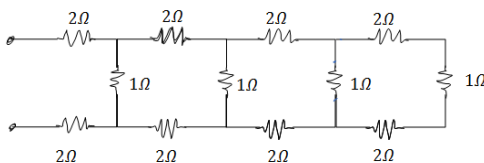
נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה  $R$ .  
 מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.  
 מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

#### 3 תרגיל (3)



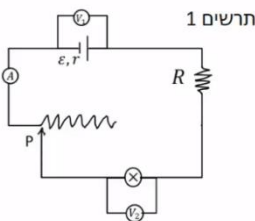
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

#### 4 תרגיל (4)

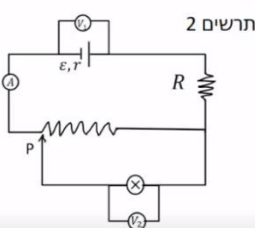


מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

#### 5 תרגיל (5)



במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים  $\epsilon = 5V$ ,  $R = 2\Omega$ , התנגדות הנגד המשתנה היא 8 אוהם. כאשר הגרר  $P$  נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד המשתנה מדידת האמפרמטר היא  $0.2A$  והוולטמטר  $V_1 = 4V$ .



א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה ומהי התנגדות הנורה?  
 ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגררה בצורה רציפה, האם הנצילות תגדל/תקטן/לא תשתנה?

מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה כפי שנראה בתרשים 2 כאשר הגררה נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

### תשובות סופיות:

$$\text{א. } R_T = \frac{31}{5} \Omega \quad \text{ב. } V_3 = 25V, V_{1,2} = 6V, I_1 = 3A, I_2 = 2A \quad (1)$$

$$1) \text{ } \begin{array}{c} R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \end{array} \quad , \quad R_{T_1} = 3R, R_{T_2} = \frac{3}{2}R, R_{T_3} = \frac{R}{3} \quad (2)$$



$$I_1 = 2A, I_2 = 4A, I_3 = 9A, V_1 = 2V, V_2 = 8V, V_3 = 27V \quad (3)$$

$$R_T = \frac{169}{204} + 4 \quad (4)$$

$$\text{א. התנגדות פנימית: } r = 5\Omega, \text{ התנגדות הנורה: } R = 18\Omega \quad (5)$$

ב.  $n = 72\%$       ג. תקטן.      ד. גדל.      ה. ראה סרטון.

## נצילות במעגל החשמלי:

### שאלות:

#### 1) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה:  $V = 5V$ ,  $R_1 = 3\Omega$ ,  $R_2 = 5\Omega$

- א. מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?
- ב. מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?
- ג. מהי הנצילות של המעגל?
- ד. מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

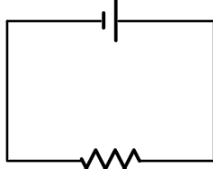
### תשובות סופיות:

- 1) א. בנורה:  $I = 1A$ , בסוללה:  $I = \frac{8}{3}A$ .
- ב. בנורה:  $\rho = 5W$ , בסוללה:  $\rho = \frac{40}{3}W$ .
- ג.  $\eta = 37.5\%$
- ד.  $62.5\%$

## מקור מתח לא אידיאלי:

### שאלות:

סוללה לא אידיאלית



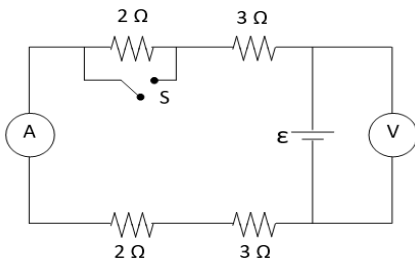
$10\Omega$

#### (1) דוגמה 1

- המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של  $10$  אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא  $1$  אוהם. במעגל זורם זרם של  $2$  אמפר.
- א. מהו הכא"מ של הסוללה?  
 ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

#### (2) דוגמה 2

- מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של  $10$  אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא  $2$  אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של  $6$  אוהם.
- מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל- $3$  אמפר.
- א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.  
 ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.



#### (3) מעגל עם סוללה לא אידיאלית

- המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאליים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור.
- אחת הקריאות הייתה  $1.5A$  והאחרת הייתה  $1.8A$ .
- א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י!  
 ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרטי/י חישוביך!  
 ג. חשבי/י את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה  
 ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק!

### תשובות סופיות:

- (1) א.  $\varepsilon = 22V$       ב.  $V = 20V$
- (2) א.  $\varepsilon = 24V$ ,  $r = 21\Omega$       ב.  $V_1 = 20V$ ,  $V_2 = 18V$
- (3) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.  
 לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.  
 ב. סגור:  $V_{AB} = 14.4V$ , פתוח:  $V_{AB} = 15V$ .  
 ג.  $\varepsilon = 18V$ ,  $r = 2\Omega$ .  
 ד. האמפרמטר:  $I = 9A$ , הוולטמטר:  $V = 0$ .

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 22 - קבלים

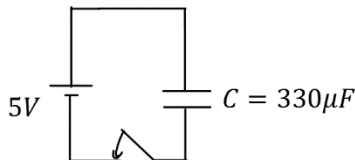
תוכן העניינים

171 .....	1. הרצאות ותרגילים
177 .....	2. תרגילים נוספים

## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:

#### 1) קבל ומקור דוגמה בסיסית



קבל בעל קיבול  $C = 330\mu\text{F}$  מחובר לסוללה במתח  $V = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.

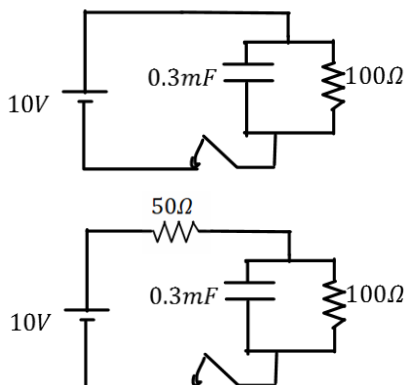
- מה יהיה הזרם במעגל?
- מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?
- מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.
- חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

#### 2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של  $5\mu\text{C}$ . מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

- מצא את הקיבול של הקבל.
- כעת מוציאים  $2\mu\text{C}$  מהמטען על הקבל (ו-  $2\mu\text{C}$  מהצד השלילי).
- מה יראה מד המתח?

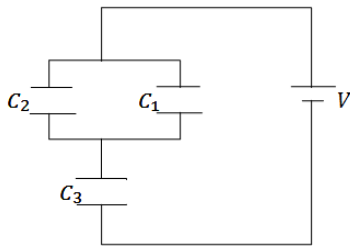
#### 3) קבל במקביל לנגד



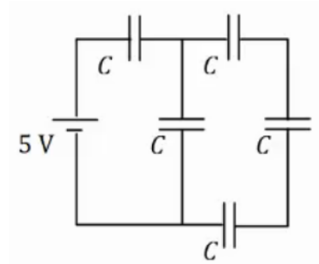
- במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.
- מצא את המתח והמטען על הקבל.
  - האם יזרום זרם במעגל? אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.
  - חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).

#### 4) חישוב קיבול של קבל לוחות

- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $2\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $0.3\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל.
  - מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח  $V = 3\text{V}$  (לאחר זמן רב)?

**(5) חיבור במקביל ובטור**

במעגל הבא נתון מתח הסוללה  $V = 3V$  והקיבול של כל קבל:  $C_1 = 2\mu F$ ,  $C_2 = 3\mu F$ ,  $C_3 = 5\mu F$ . מצא את המטען על כל קבל.

**(6) חיבור 5 קבלים**

במעגל הבא לכל הקבלים קיבול זהה  $C = 200\mu F$ . המתח של הסוללה הוא  $V = 5V$ .  
 א. מצא את הקיבול השקול של המעגל.  
 ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל זמן רב לאחר סגירת המעגל.

**(7) מרחיקים לוחות בקבל**

- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $3\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $0.4\text{mm}$ .  
 א. חשב את הקיבול של הקבל  
 ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח  $V = 3V$  (לאחר זמן רב).  
 כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.  
 ג. מצא את הקיבול החדש.  
 ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.  
 ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

**(8) אנרגיה של קבל לוחות**

- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $5\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $2\text{mm}$ .  
 א. חשב את הקיבול של הקבל.  
 מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.  
 ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

**(9) מקרבים את הלוחות**

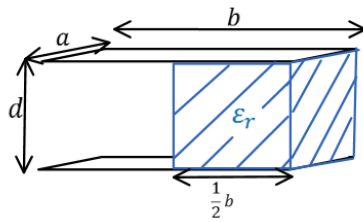
- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $6\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $3\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל.
  - מחברים את הקבל לסוללה במתח  $5\text{V}$  וולט.
  - מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?
  - מקרבים את הלוחות הקבל למרחק  $1\text{mm}$ .
  - מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.
  - חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

**(10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים**

- קבל בעל קיבול של  $5\mu\text{F}$  מחובר למקור מתח של  $12\text{V}$ .
- חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור. מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי  $\epsilon_r = 1.2$  הממלא את כל הרווח בין הלוחות הקבל.
  - בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.
  - חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.
  - חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

**(11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל**

- קבל בעל קיבול של  $8\mu\text{F}$  מחובר למקור מתח של  $12\text{V}$ .
- חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור. מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי  $\epsilon_r = 1.4$  הממלא את כל הרווח בין הלוחות הקבל.
  - בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב. כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.
  - מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?
  - חשב את שינוי האנרגיה בכל שלב בתהליך.

**12) קבל עם חצי ימין מלא**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 3\text{cm}$ ,  $b = 4\text{cm}$ ,  $d = 2\text{mm}$ .

א. מצא את הקיבול של הקבל.

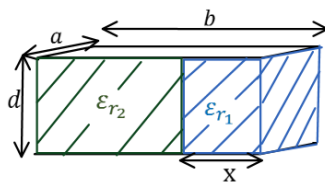
ממלאים את חציו הימני של הקבל בחומר דיאלקטרי

בעל מקדם  $\epsilon_r = 3$  וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 5\text{cm}$ ,  $b = 6\text{cm}$ ,  $d = 1\text{mm}$ .

ממלאים את חלק של הקבל ברוחב  $x = 1\text{cm}$  בחומר

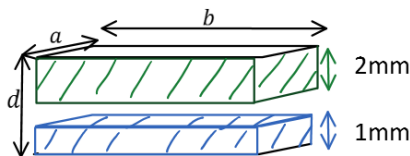
דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r1} = 4$ , ואת החלק הנותר

בחומר דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r2} = 2$  (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = a \times b$ ,

ומרחק  $d$  בין הלוחות.  $a = 5\text{cm}$ ,  $b = 6\text{cm}$ ,  $d = 4\text{mm}$ .

ממלאים חלק של הקבל בגובה  $1\text{mm}$  ולכל הרוחב

בחומר דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r1} = 4$ .

את החלק מגובה  $2\text{mm}$  ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל

מקדם  $\epsilon_{r2} = 2$  (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

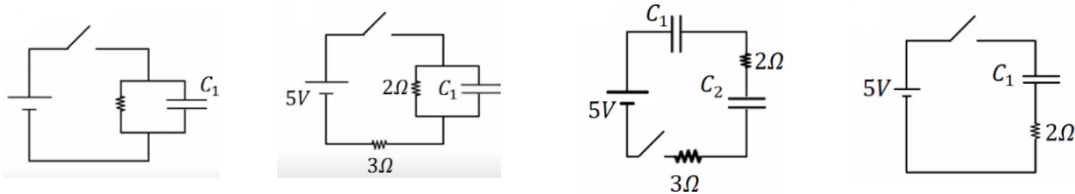
ב. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

### 15) מציאת זרם במספר מעגלים

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה וכי הסוללה והחוטמים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.

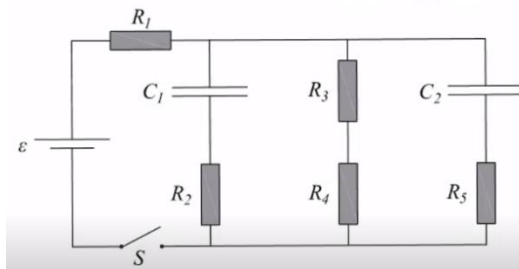


### 16) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

$R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 2\Omega$ ,  $R_4 = 1\Omega$ ,  $R_5 = 6\Omega$ ,  $\varepsilon = 24V$ ,  $C_1 = 2\mu F$ ,  $C_2 = 4\mu F$   
לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

- מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?
- מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?
- מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



## תשובות סופיות:

- (1) א.  $I = 0$       ב.  $|V_c| = 5V$       ג.  $1.65mc$       ד. ללא שינוי.
- (2) א.  $1.67\mu F$       ב.  $1.8V$
- (3) א.  $V_c = V_0 = 10V, Q = 3mc$       ב.  $I = 0.1A$
- ג.  $I = 0.067A, V_c = 6.7, Q = 2.01mc$
- (4) א.  $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12} F$       ב.  $Q = 17.7pC$
- (5)  $q_1 = 3\mu C, q_2 = 4.5\mu C, q_3 = 7.5\mu C$
- (6) א.  $C_{T_1} = \frac{C}{3}, C_{T_2} = \frac{4C}{3}, C_T = 114\mu F$
- ב.  $q_1 = q_T = 571\mu C, q_2 = q_3 = q_4 = q_{T_1} = 143\mu C$
- $V_1 = 2.86V, V_5 = 2.14V, V_2 = V_3 = V_4 = 0.715V$
- (7) א.  $C = 6.64pF$       ב.  $Q = 19.9pc$       ג.  $C' = 3.32pF, V' = 6V, Q' = 19.9pc$
- ה. (ג)  $C' = 3.32pF$       (ד)  $V' = 3V, Q' = 9.96pc$
- (8) א.  $C = 2.21pF$       ב.  $U_c = 17.68 \cdot 10^{-12} J$
- (9) א.  $C = 1.77pF$       ב.  $U_c = 22.13pJ$       ג.  $U_c' = 13.28, \Delta U = -8.845pJ$
- ד.  $U_c' \approx 7.38pJ, \Delta U = -14.76pJ$
- (10) א.  $U_c = 3.6 \cdot 10^{-4} J, Q = 60\mu C, V_c = 12V$       ב.  $Q' = 72\mu C, U_c' = 432\mu J, C' = 6\mu F$
- ג.  $\Delta U = 72\mu J, \Delta Q = 12\mu C$       ד.  $V' = 10V, U_c = 300\mu J$
- (11) א.  $U_c = 576\mu J, Q = 96\mu F, V_c = 12V$       ב.  $U_c' = 806.4\mu J, Q' = 134.4\mu F, V_c' = 12V$
- ג.  $U_c'' \approx 1129\mu J, Q'' = 134.4\mu F, V_c'' = 16.8V$
- ד. במעבר מסעיף א' ל-ב':  $\Delta U = 230.4\mu J$ , במעבר מסעיף ב' ל-ג':  $\Delta U \approx 323\mu J$
- (12) א.  $C = 5.31pF$       ב.  $C_T = 10.62pF$       ג.  $U_c = 132.75pJ$
- (13) א.  $C_T = 61.95pF$       ב.  $U_c = 1548.75pJ, Q = 309.75pc$
- (14) א.  $C_T = 11.8pF$       ב.  $U_c = 1.475 \cdot 10^{-7} J, q = 59 \cdot 10^{-9} c$
- (15) א.  $I(t=0) = 2.5A$       ב.  $I = 1A$       ג.  $I = \frac{5}{3} A$       ד.  $I(t=0) = \infty$
- (16) א.  $I_5 \approx 0.92A, I_{3,4} = 1.85A, I_2 \approx 1.85A, I_1 \approx 4.62A$
- ב.  $I_{1,3,4} = 3.43A, I_{2,5} = 0$       ג.  $q_1 \approx 20.58 \cdot 10^{-6} C, q_2 \approx 41.16 \cdot 10^{-6} C$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### תרגילים ברמה א':

#### (1) תרגיל 1 - מציאת מטען

מה המטען המצטבר על קבל של  $C = 30\mu\text{F}$  לאחר זמן רב, אם נחבר אותו למתח של  $10\text{V}$ ?

#### (2) תרגיל 2 - קבל לוחות

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח  $A = 4\text{cm}^2$ , שביניהם מרחק של  $d = 1\text{mm}$ .

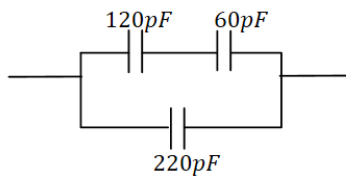
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם  $\epsilon_r = 2.5$ ?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של  $5\text{V}$ .

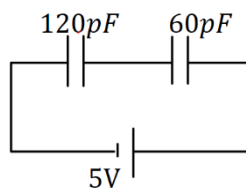
#### (3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



#### (4) תרגיל 4 - חיבור קבלים

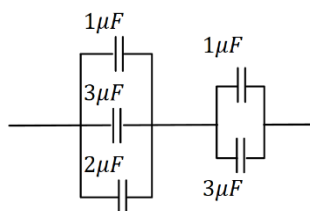
מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)? ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

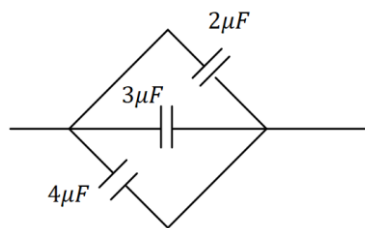


#### (5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

נתונה מערכת הקבלים הבאה:

א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.  
 ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של  $10\text{V}$ .

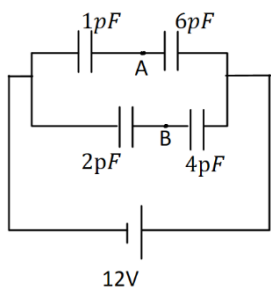




**6 תרגיל 6 - יהלום**

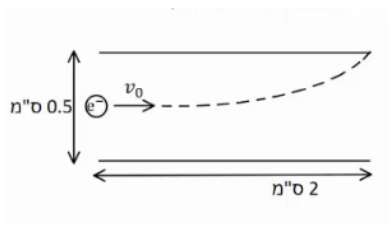
נתונה מערכת הקבלים הבאה :

- א. מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.
- ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של 10V.



**7 תרגיל 7 - חיבור קבלים ומציאת מתח**

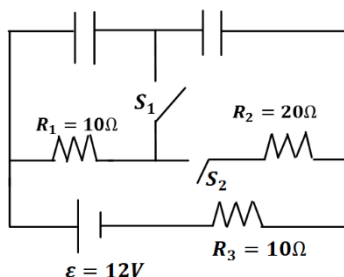
- במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה :
- א. מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.
- ב. מהו  $V_{AB}$  המתח בין הנקודות A ל-B?



**8 תרגיל 8 - אלקטרון נכנס לקבל לוחות**

- קבל לוחות מורכב משני לוחות ריבועיים בעלי אורך צלע של 2 ס"מ ומרחק בין הלוחות של 0.5 ס"מ.
- אלקטרון נכנס במרכז הלוחות עם מהירות, המקבילה ללוחות, שגודלה  $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$  (ראה איור).
- האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.
- א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).
- ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

**תרגילים ברמה ב' :**

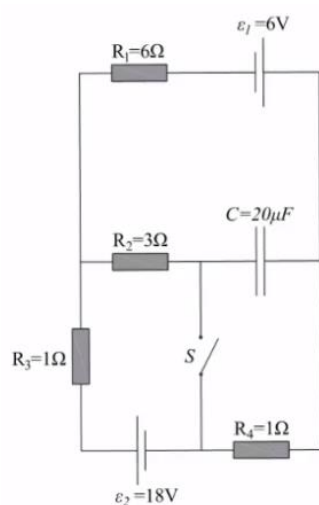


**9 תרגיל 1 - מעגלים חשמליים**

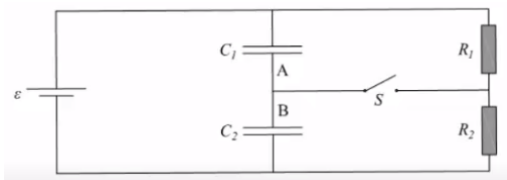
- ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.
- א. מהו המתח והמטען על כל קבל, כאשר שני המפסקים פתוחים?
- ב. סוגרים את  $S_1$  .  $S_2$  פתוח.
- מהו המתח והמטען של כל קבל?
- ג. סוגרים את  $S_2$  ופותחים את  $S_1$  . מהו המתח על כל קבל?
- ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

**10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים**

שני קבלים, האחד של  $10\mu\text{F}$  והשני של  $15\mu\text{F}$ , חוברו בנפרד למקורות מתח של  $6\text{V}$  ו- $8\text{V}$ , בהתאמה. לאחר מכן נותקו ממקורות המתח וחוברו זה לזה. א. מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה? ב. ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שונים מחוברים זה לזה.

**11) תרגיל 3 - מעגלים חשמליים**

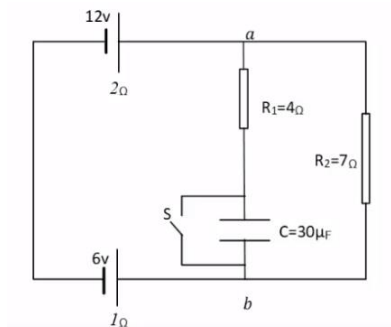
נתון המעגל החשמלי המופיע בתרשים. ההתנגדויות הפנימיות של מקורות המתח זניחות. כאשר המפסק S פתוח והמעגל במצבו היציב: א. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים? ב. מהו המטען על לוחות הקבל? ג. מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח? סוגרים את המפסק S ומחכים להתייצבות המערכת. ד. מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים? ה. מהו המטען על לוחות הקבל?

**12) תרגיל 4 - מעגלים חשמליים**

נתונים שני קבלי לוחות  $C_1$  ו- $C_2$ , ששטח כל לוח הוא  $0.02\text{m}^2$ . המרחק בין לוחות קבל  $C_1$  הוא  $1\text{mm}$  והמרחק בין לוחות קבל  $C_2$  הוא  $3\text{mm}$ .

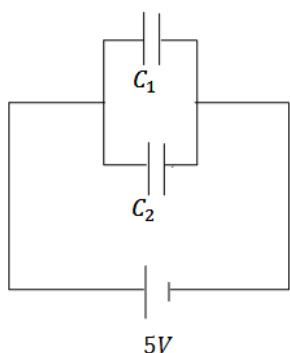
א. חשבו את הקיבול של כל אחד מהקבלים. חיברו את שני הקבלים למעגל הנתון בשרטוט. נתון:  $\varepsilon = 12\text{V}$ ,  $R_2 = 10\Omega$ ,  $R_1 = 5\Omega$ . פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב. ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים כאשר המספר S פתוח? ג. כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים? ד. מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?

**13) תרגיל 5 - מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)**



נתון המעגל החשמלי שבאיור, לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור. כאשר המפסק סגור.

- א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- ב. מהו המתח בין הנקודות  $a$  ו- $b$ ?
- ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- ד. מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?



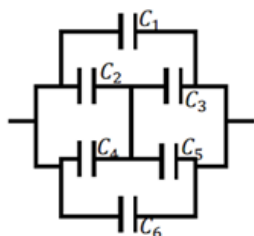
**14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי**

במעגל הבא קיבול הקבלים הוא:  $C_1 = 3\mu F$ ,  $C_2 = 2\mu F$ , והמתח בסוללה הוא 5V. לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור ומחליפים אותו בקבל של  $C_3 = 5\mu F$ . מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש, לאחר שהמערכת מתייצבת.

**15) תרגיל 7 - מרחיקים לוחות בקבל לוחות**

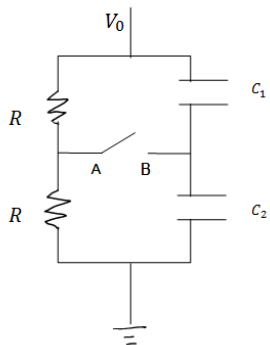
קבל לוחות בעל אורך צלע  $a = 2\text{cm}$  ומרחק בין הלוחות  $d = 1\text{mm}$ , נטען ע"י סוללה במתח 3V. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק  $3d$ .

- א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.
- ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.
- ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.



**16) תרגיל 8 - חיבור קונפיגורציית קבלים**

נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט. מצא את הקיבול השקול של המערכת.

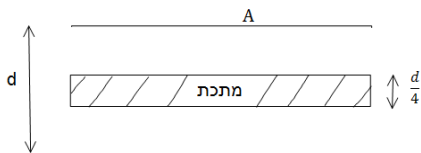


**17 תרגיל 9 - קבלים עם מפסק**

במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון  $V_0$  הקצה התחתון מוארק.  
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזוהה של הנגדים.  
א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים) בין הנקודה A לנקודה B.  
ב. סוגרים את המפסק AB. כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?

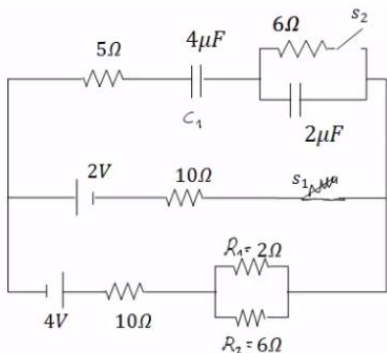
**18 תרגיל 10 - קבל עם פיסת מתכת**

קבל לוחות מחובר למקור מתח  $V$ . שטח כל לוח בקבל הוא  $A$ , והמרחק בין הלוחות הוא  $d$  ( $d \ll \sqrt{A}$ ).



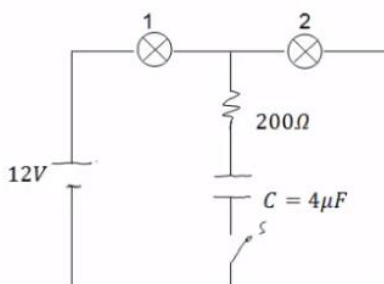
א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.  
ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי  $\frac{d}{4}$  עם שטח  $A$  ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.  
ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').

**19 תרגיל 11**



חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:  
א.  $S_1$  פתוח ו- $S_2$  סגור.  
ב.  $S_2$  פתוח ו- $S_1$  סגור.  
ג. שני המפסקים סגורים.

**20 תרגיל 12 - שתי נורות**



במעגל הבא הספק נורה מס' 1 במתח של 10V הוא 0.5W. ההספק של נורה מס' 2 באותו המתח הוא 0.4W. התנגדות הנגד היא 200Ω.  
א. חשב את התנגדות המתח וההספק החשמלי של כל נורה כאשר המפסק פתוח.  
ב. חשב את המתח על הקבל אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.

## תשובות סופיות:

$$Q = 0.3\text{mF} \quad (1)$$

$$Q_A = 17.7\text{pC}, Q_B = 44.25\text{pC} \quad \text{ג.} \quad C' = 8.85\text{pF} \quad \text{ב.} \quad C = 3.54\text{pF} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$C_T = 260\text{pF} \quad (3)$$

$$Q_1 = Q_2 = 200\text{pC}, V_{C_1} = 1.67\text{V}, V_{C_2} = 3.33\text{V} \quad (4)$$

$$C_T = 2.4\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$V_{4,5} = 6\text{V}, V_{1,2,3} = 4\text{V}, Q_1 = 4\mu\text{C}, Q_2 = 12\mu\text{C}, Q_3 = 8\mu\text{C}, Q_4 = 6\mu\text{C}, Q_5 = 18\mu\text{C} \quad \text{ב.}$$

$$V_T = 10\text{V}, Q_1 = 20\mu\text{C}, Q_2 = 30\mu\text{C}, Q_3 = 40\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad C_T = 9\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$Q_{1,2} = 10.29\mu\text{C}, Q_{3,4} = 16\mu\text{C}, V_1 = 10.29\text{V}, V_2 = 1.71\text{V}, V_3 = 8\text{V}, V_4 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V_{AB} = -2.28\text{V} \quad \text{ב.}$$

$$V \approx 35.5\text{V} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V_{C_2} = 0, V_{C_1} = 12\text{V}, Q_1 = 36\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad Q_1 = Q_2 = 24\mu\text{C}, V_1 = 8\text{V}, V_2 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$Q_{1,2} = 18\mu\text{C}, V_1 = 6\text{V}, V_2 = 3\text{V} \quad \text{ג.}$$

$$V_{C_1} = 6\text{V}, Q_{C_1} = 18\mu\text{C}, V_{C_2} = 3\text{V}, Q_2 = 18\mu\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$q_2 = 36\mu\text{C}, q_1 = 24\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 2.4\text{V} \quad \text{ב.} \quad q_2 = 108\mu\text{C}, q_1 = 72\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 10.8\text{V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$|V_s| = 15\text{V} \quad \text{ג.} \quad q_C = 240\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad I = 3\text{A} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$q = 40.4\mu\text{C} \quad \text{ה.} \quad I_1 = 2.52\text{A}, I_2 = -3.87\text{A}, I_3 = 6.39\text{A} \quad \text{ד.}$$

$$I = 0.8\text{A} \quad \text{ג.} \quad I = 0.8\text{A} \quad \text{ב.} \quad C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10}\text{F}, C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10}\text{F} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10}\text{C}, q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10}\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$V_{ab} = 2.756\text{V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.689\text{A}, I_2 = 0.393\text{A} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$q = 1.26 \cdot 10^{-4}\text{C} \quad \text{ד.} \quad I_1 = 0, I = 0.6\text{A} \quad \text{מטה,} \quad \text{ג.}$$

$$q'_3 = 12.5\mu\text{C}, V'_3 = 2.5\text{V}, U = 15.625\text{J} \quad (14)$$

$$U_{C_1} = 15.93 \cdot 10^{-12}\text{J}, U_{C_2} = 47.79 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ב.} \quad V' = 9\text{V} \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$|W| = 31.86 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ג.}$$

$$C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5} \quad (16)$$

$$q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}, q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}, \Delta q = \frac{V_0}{2} (C_2 - C_1) \quad \text{ב.} \quad V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{א.} \quad (17)$$

$$q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V, E = \frac{V}{d}, U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} V^2 \quad \text{א. (18)}$$

$$q_1 = q_2 = \frac{4\epsilon_0 AV}{3d}, E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}, U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\epsilon_0 A}{3d} V^2 \quad \text{ב.}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{V}{d}, U = \frac{3\epsilon_0 AV^2}{8d} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{136}{129} \mu\text{C} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{12}{43} \text{A} \quad \text{ב.}$$

$$16 \mu\text{F} \quad \text{א. (19)}$$

$$R_1 = 200 \Omega, R_2 = 250 \Omega, V_1 = 5.34 \text{V}, V_2 = 6.68 \text{V}, P_1 = 0.143 \text{W}, P_2 = 0.178 \text{W} \quad \text{א. (20)}$$

$$V_C = 6.68 \text{V} \quad \text{ב.}$$

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 23 - גלים

תוכן העניינים

184 ..... 1. גלים והתאבכות גלים

## גלים והתאבכות גלים:

### 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?

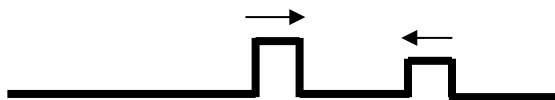
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע  $t = 0$ ?

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.  $t = 18 \text{ sec}$

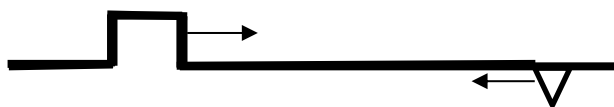
ד.  $t = 22 \text{ sec}$

#### (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

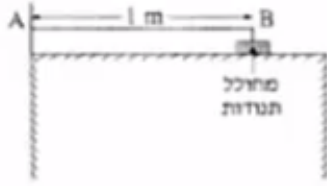
פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

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:

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	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  $\lambda$ , 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) שייווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

**6) תרגול גל מחזורי 1**

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

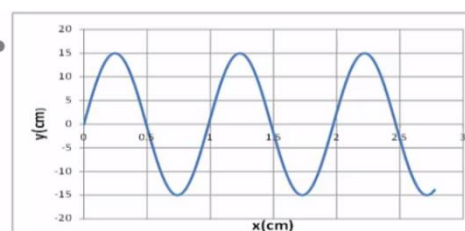
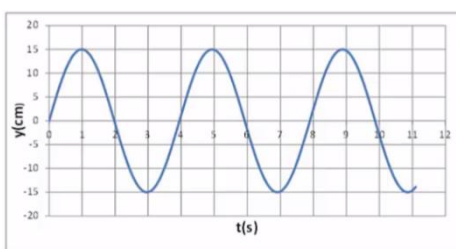
א. מהי משרעת הגל?

ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

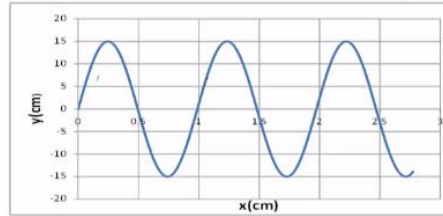
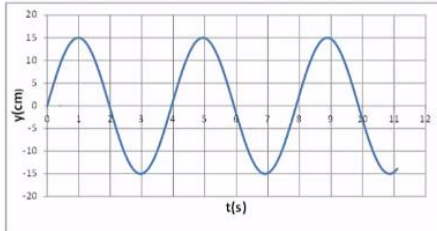
ד. מה מהירות הגל?

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.
- קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.
  - שרטט את החבל  $\frac{1}{4}$  זמן מחזור לאחר תצלום זה.
  - שרטט את החבל  $\frac{1}{2}$  זמן מחזור לאחר תצלום זה.
  - בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

**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)?

- 45.8 הרץ.
- 70 הרץ.
- 8.3 הרץ.
- 75 הרץ.
- 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.  $15.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.  $38.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג.  $17 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד.  $34.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

**(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.  $150 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ב.  $100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג.  $330 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ד.  $20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה.  $340 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

**(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.

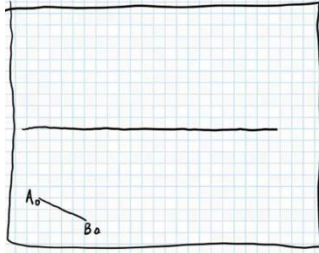
ד. יש להאריך את המיתר פי 3.

ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

**(13) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים**

נתון אמבט גלים 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 שהוחזרה 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.

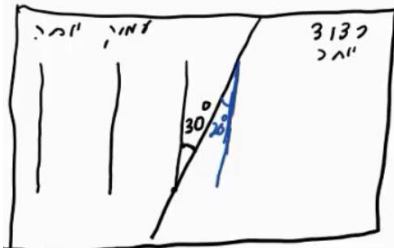
מקור גלים בקצה השמאלי של האמבט מייצר גל ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ.

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  $\lambda_1$  בחלק העמוק?

ג. מהו אורך הגל  $\lambda_2$  בחלק הרדוד?

ד. הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר מעבר גל המים לתווך הרדוד.

**(15) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל**

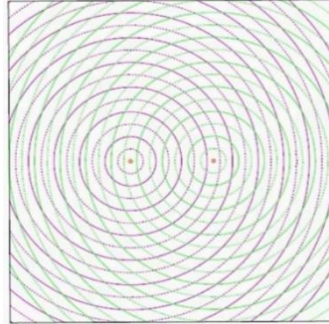
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm, הייתה 1cm.

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:
- i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס"מ ומהמקור השני - 2.8 ס"מ.
  - ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס"מ ומהמקור השני - 3.2 ס"מ.
  - iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס"מ ומהמקור השני - 3.4 ס"מ.
  - iv. 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):

- א. (0,1.1) (0,2.5) (0,4.5) (0,8) (0,17.5).
- ב. (0,1) (0,2) (0,4) (0,8) (0,16) (0,32).
- ג. (0,6) (0,12) (0,18) (0,24) (0,30).
- ד. (4,4.5) (4,8) (4,17.5) (3,2).
- ה. (0,4.2) (0,8.7) (0,16.5) (0,0).
- ו. (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 ממוקמים 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 בזוויות 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?

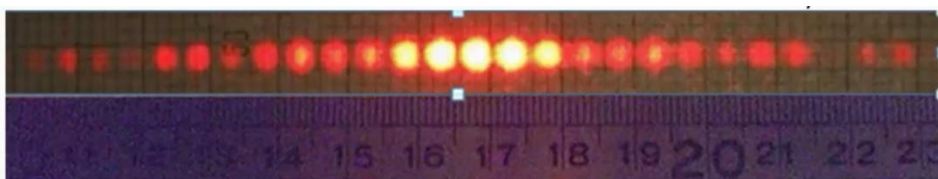
**(23) התאבכות אור תרגיל 2**

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.



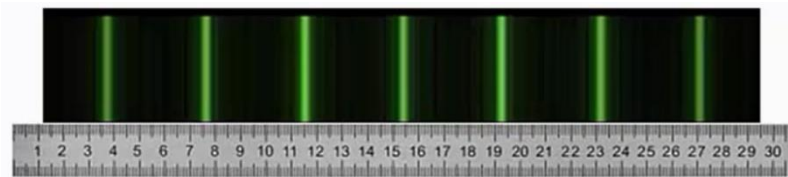
- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר 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**

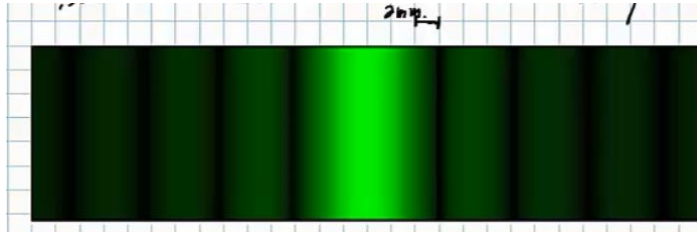
- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
  - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
  - הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

**(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:

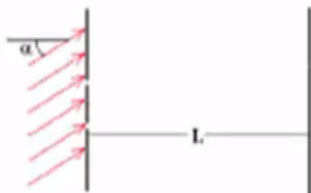


נתון שרוחב משבצת על הלוח הוא 2 מ"מ.

- 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  $\lambda$  המתקדם בכיוון היוצר זווית קטנה  $\alpha$  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  $\alpha$  המסבירה מדידה זו?

- $\alpha = 0$
- $\alpha = \frac{\lambda}{2d}$
- $\alpha = \frac{2\lambda}{\pi d}$
- $\alpha = \frac{2\lambda}{d}$
- $\alpha = \frac{2\pi\lambda}{d}$
- $\alpha = \frac{\lambda}{\pi d}$

**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.  $\sqrt{2}:1$ .

ב.  $1:0$ .

ג.  $1:1$ .

ד.  $2:1$ .

ה.  $4:1$ .

ו.  $3:2$ .

**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:  $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$  (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.  $E = 5.8 \text{Joule}$  ו-  $I = 12 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$ .

ב.  $E = 5.8 \text{Joule}$  ו-  $I = 13 \cdot 10^{-14} \frac{W}{cm^2}$ .

ג.  $E = 1.01 \text{Joule}$  ו-  $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$ .

ד.  $E = 10.1 \text{Joule}$  ו-  $I = 10^{-4} \frac{W}{cm^2}$ .

ה.  $E = 1.2 \cdot 10^6 \text{Joule}$  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:  $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$ . מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך זמן של 20 דקות?

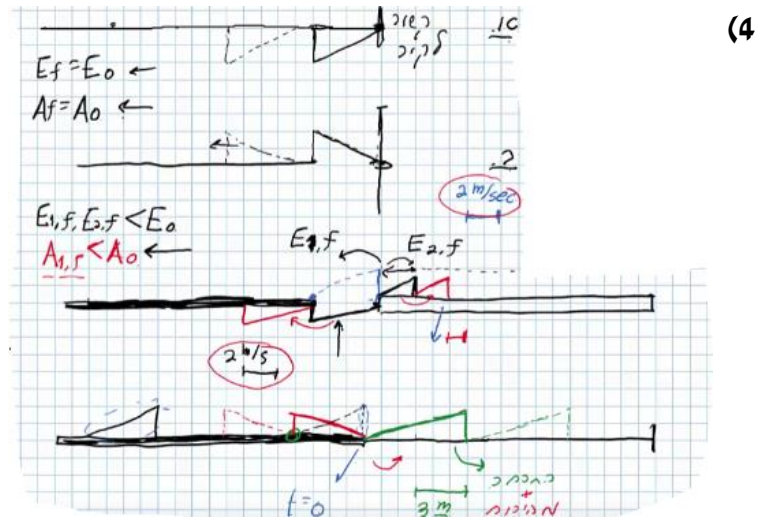
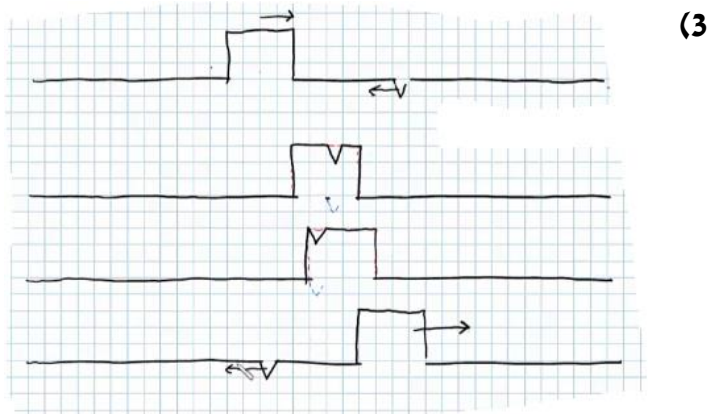
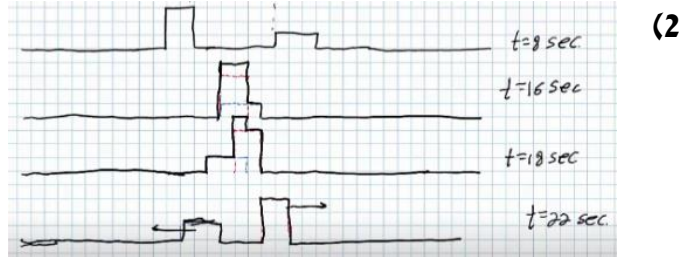
א.  $0.08 \text{ Joule}$ ב.  $0.75 \text{ Joule}$ ג.  $25 \text{ Joule}$ ד.  $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$ ה.  $5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$ **37) שאלה 6 – גלי קול**

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.  $0.125 \text{ Joule}$ ב.  $1.130 \text{ Joule}$ ג.  $37.52 \text{ Joule}$ ד.  $3.8 \cdot 10^{-5} \text{ Joule}$ ה.  $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ Joule}$

**תשובות סופיות:**

(1) א.  $A = 0.3\text{m}$  ב.  $V = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  ג. למעלה. ד. למטה.

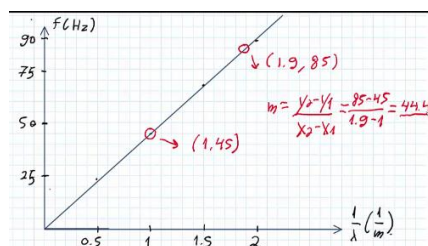


5) א.

$\frac{1}{\lambda} (\text{m}^{-1})$	$\lambda (\text{m})$	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

ג.  $f = v \frac{1}{\lambda}$  . ד.  $f = 111 \text{ Hz}$

ב.

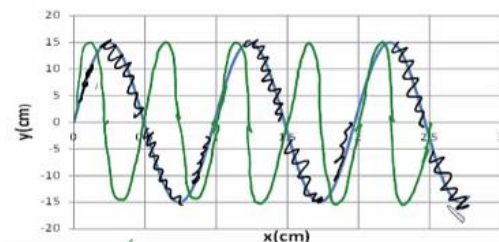


ד.  $v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

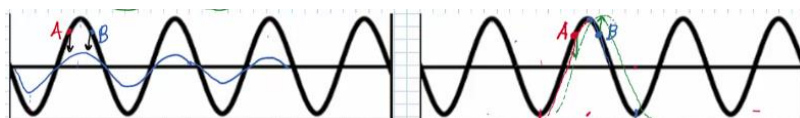
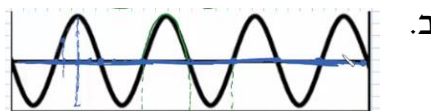
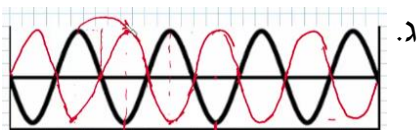
א.  $A = 0.15 \text{ m}$  . ב.  $\lambda = 1 \text{ m}$  . ג.  $t = 4$

ה.  $(0.5, 0)$  ,  $(1.5, 0)$  ,  $(2.5, 0)$

7) הגל הירוק בשרטוט:



8) א. מתקדם:  $\lambda_1 = 80 \text{ cm}$  , עומד:  $\lambda_2 = 80 \text{ cm}$ .

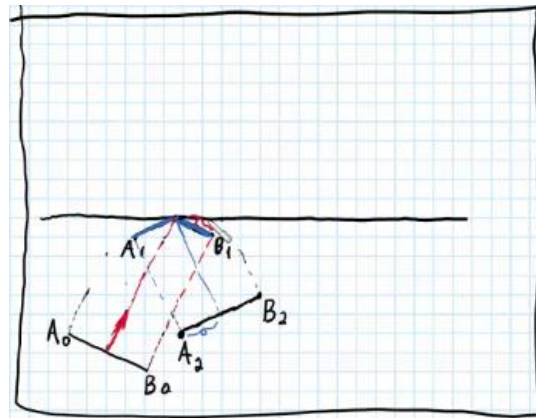


9) א.

10) ב.

11) א.

12) ג.

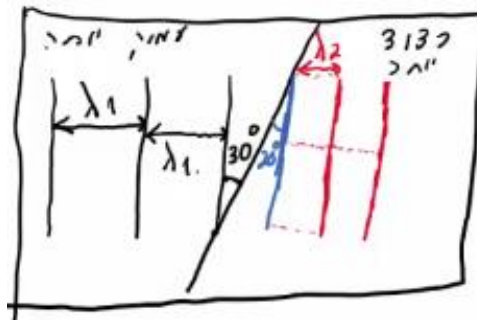


(13)

ג.  $\lambda_2 = 3.42\text{cm}$

ב.  $\lambda_1 = 5\text{cm}$

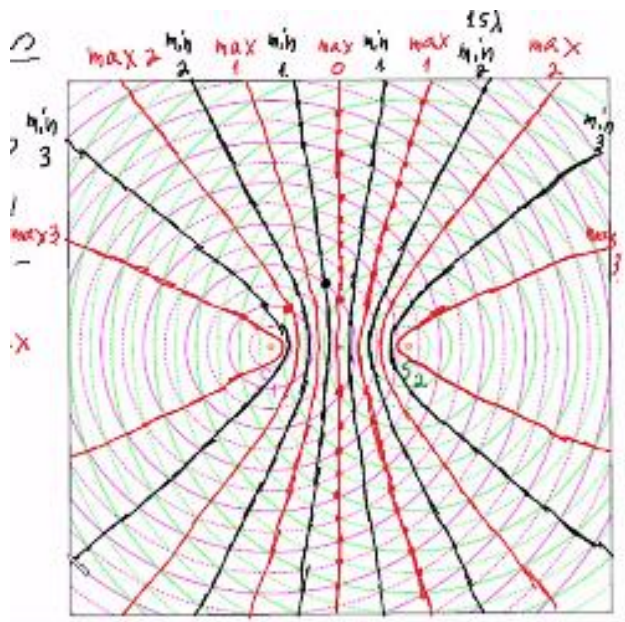
א.  $v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$  (14)



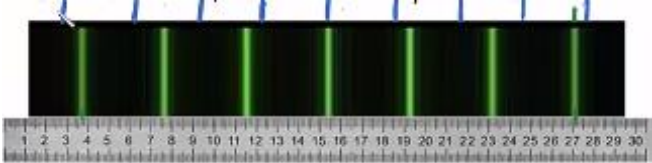
ד.

ב.  $0.45\text{cm}$

א. 5 (15)



(16)

- (17) א. 1.2 ס"מ.  
 ב.i. A - נקי מקסימום מסדר ראשון.  
 ב.ii. B - נקי צומת מסדר שני.  
 ב.iii. C - נקי מקסימום מסדר שלישי, נקי על קו מקסימום.  
 ב.iv. D - נקי ביניים.  
 ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.
- (18) א' מלאה ו-ו' חלקית.
- (19) ב' ו-ה.
- (20) ה.
- (21) א'.
- (22) א. 7.5 nm    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.  $\lambda = 694$     ג.  $3\lambda$     ד.  $4.5\lambda$     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.  $18.1^\circ$
- ג.
- 
- (27) א. 0.188 מ'.    ב.  $10.9^\circ$     ג. הוכחה.
- (28) א. 6.7 מ"מ.    ב. 3.35 מ"מ.
- (29) א. 0.265 מ"מ.    ב. 1,000 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'.

# מכניקה וחשמל לתזונאים

פרק 24 - הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה

תוכן העניינים

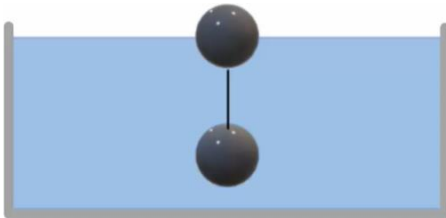
1. הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה ..... 201

## הידרו-סטטיקה והידרו-דינמיקה:

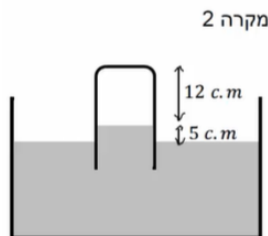
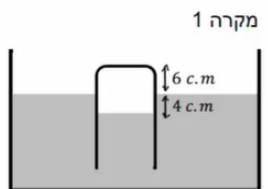
### שאלות:

- (1) מעבר יחידות בדוגמא של צפיפות מים מצא מהי צפיפות המים ביחידות של גרם לאינץ' מעוקב.

$$1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1000\text{gr}}{1\text{kg}} \times \left( \frac{1\text{m}}{39.3\text{in}} \right)^3$$



- (2) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים שני כדורים בעלי נפח זהה  $V = 20\text{c.m}^3$  קשורים בחוט זה לזה. מניחים את הכדורים במים ולאחר זמן רב רואים שהמערכת התייצבה כך שכדור 1 נמצא כולו בתוך המים ורק חצי מנפחו של כדור 2 שקע לתוך המים, ראה איור. המסה של כדור 1 גדולה פי 4 מזו של כדור 2. א. מהי המסה של כל כדור? ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?



- (3) צינורית במיכל כספית מיכל גדול מאוד מכיל כספית ונמצא בחדר לחץ בו לחץ האוויר אינו ידוע. טובלים במיכל צינורית זכוכית דקה הסגורה בחלקה העליון. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 6 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 4 ס"מ מתחת לפני הכספית במיכל. כאשר מחזיקים את הקצה העליון של הצינורית בגובה 17 ס"מ מעל פני הכספית במיכל, גובה הכספית בצינורית הוא 5 ס"מ מעל לפני הכספית במיכל. הנח שגובה פני הכספית במיכל קבוע. א. מהו לחץ האוויר בחדר? ב. באיזה גובה צריך להחזיק את קצה הצינורית מעל המיכל כך שפני הכספית בצינורית יהיו בגובה הכספית של המיכל?

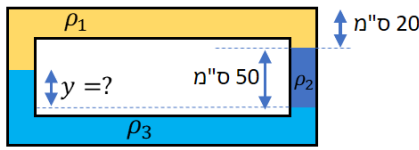
**4) שלושה נוזלים בצינור**

האיור הבא מתאר צינור סגור שבתוכו שלושה נוזלים שונים.

צפיפויות הנוזלים הן:

$$\rho_1 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_2 = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \rho_3 = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

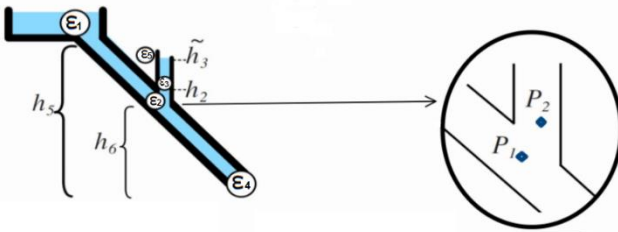
מצא את הגובה  $y$  באיור.



**5) מים בנפילה + צינורית מד-לחץ**

נתונה המערכת שבשרטוט.

מצא את הלחצים בנקודות השונות.



**6) צינור ונטורי ללא חיכוך**

נתונה זרימה על פי השרטוט

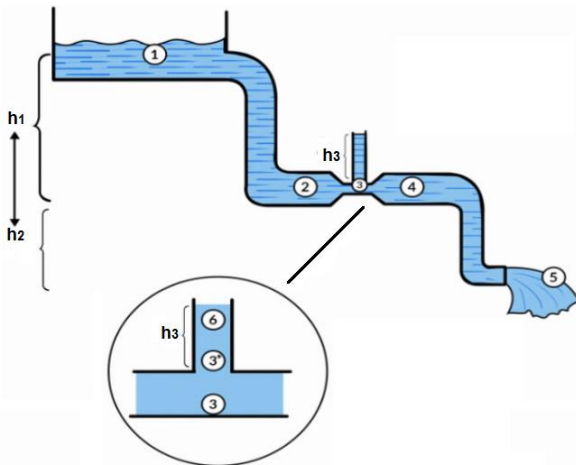
(מקדם הצמיגות ידוע).

בחלק מספר 3 שטח החתך של הצינור

הינו שליש מבשאר הצינור.

מצא את הלחץ בכל הנקודות 1-5 ומצא

את גובה עמוד המים מעל נקודה 3.



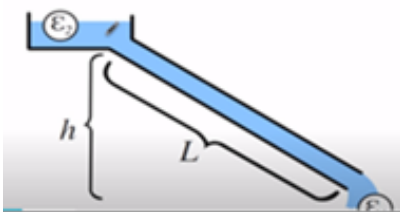
**7) איבוד אנרגיה עקב צמיגות**

נתון נוזל בעל צמיגות ידועה.

מצא על פי הנתונים שבשרטוט, מהי מהירות

הזרימה בצינור אם נתון מקדם הצמיגות,

רדיוס הצינור, אורך הצינור וגובה מאגר.



**8) צינור ונטורי עם חיכוך**

נתונה המערכת שבשרטוט.

שטח חתך הצינור בנקודה 3 כפול

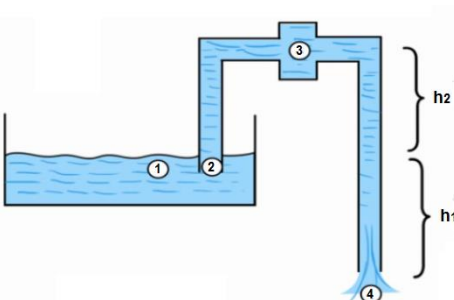
מבשאר הצינור.

א. מהי מהירות הזרימה בהנחה שאין

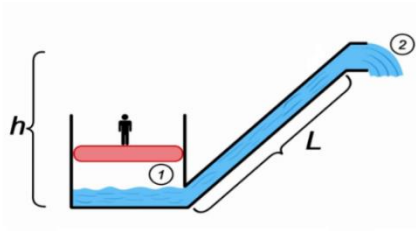
איבוד אנרגיה?

ב. מהי מהירות הזרימה אם נתון

מקדם הצמיגות?



**9) לחץ ממשקל אדם ממלא בריכה**



צינורית בקוטר  $d$  ואורך  $L$  מחוברת לתחתית בריכה רדודה. מעלים את הלחץ בבריכה ע"י כך שמניחים אדם בעל מסה  $m$  על משטח בגודל  $S$ , כך שהמשטח לוחץ את האוויר תחתיו מכובד משקל האדם (המשטח בדיוק בגודל הבריכה ויכול לנוע מעלה ומטה אך האזור תחתיו נשאר אטום).

תוך כמה זמן הבריכה תתרוקן אם נתון כי נפל המים בבריכה בתחילה הוא  $K$  וצמיגות המים היא  $1$ ?

**תשובות סופיות:**

(1)  $0.016 \frac{gr}{in^3}$

(2) א.  $m_2 = 8gr$ ,  $m_1 = 32gr$       ב.  $\rho_1 = 1.6 \frac{gr}{c.m^3}$ ,  $\rho_2 = 0.4 \frac{gr}{c.m^3}$

(3) א.  $P_0 \approx 0.656atm$       ב.  $x = 10.8c.m$

(4)  $y = 25c.m$

(5) ראה סרטון.

(6)  $P_3 = P_2 - \frac{1}{2} \rho \cdot 8V^2$ ,  $P_2 = P_4 = P_{atm} + \rho gh_2 - \frac{1}{2} \rho V^2$ ,  $P_1 = P_5 = P_{atm}$

$P_3 = \rho g \tilde{h}_3 + P_{atm}$   
(7) ראה סרטון.

(8) א.  $V^* = \sqrt{2gh_1}$       ב. ראה סרטון.

(9) ראה סרטון.