

# הבסיס התאי



## תוכן העניינים

1	1. כימיה - מבנה האטום
18	2. כימיה - קשרים כימיים וסוגי החומרים
29	3. כימיה - חומצות ובסיסים
35	4. כימיה - שיווי משקל כימי
45	5. כימיה - שיווי משקל בתהליך שיקוע
49	6. הקדמה מתמטית לחלק של הפיזיקה
55	7. פיזיקה - מבוא
63	8. קינמטיקה - תנועה בקו ישר
86	9. וקטורים
102	10. נפילה חופשית וזריקה אנכית
110	11. קינמטיקה - תנועה במישור
112	12. תנועה יחסית
114	13. תרגילים לחזרה עד לחלק זה
116	14. דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)
151	15. תנועה מעגלית
163	16. עבודה ואנרגיה -
178	17. תנועה הרמונית
(ללא ספר)	18. מבוא למבנה החומר
192	19. הכוח החשמלי- חוק קולון
196	20. השדה החשמלי
200	21. חוק גאוס ברמה איכותית בלבד
203	22. תנועה בשדה חשמלי אחיד
205	23. מוליכים

# תוכן העניינים

208	24. מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית
224	25. זרם מתח ותנגדות
232	26. אנרגיה והספק במעגל החשמלי
237	27. חיבור נגדים וחוקי קירכהוף
247	28. קבלים ומעגלי CR
262	29. מעגלי זרם חילופין

# הבסיס התאי

פרק 1 - כימיה - מבנה האטום

תוכן העניינים

1. המודל הגרעיני של האטום ..... 1
2. ספקטרום אטומי בחלקיקים חד-אלקטרוניים ..... 5
3. מבנה של אטומים מרובי אלקטרונים ..... 8
4. תכונות מחזוריות של אטומים ..... 13

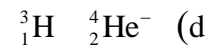
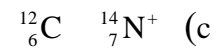
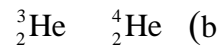
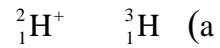
## המודל הגרעיני של האטום

### שאלות

1) ליון  ${}^{127}_{52}\text{Te}^{2-}$  :

- א. מספר מסה 50.  
 ב. 127 פרוטונים בגרעין.  
 ג. 127 חלקיקים בגרעין.  
 ד. 50 פרוטונים.

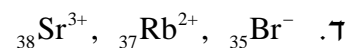
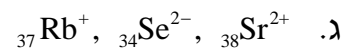
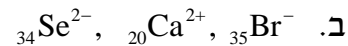
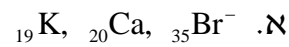
2) מי מהזוגות הבאים מהווים איזוטופים?



- א. b בלבד.  
 ב. a ו-d.  
 ג. a ו-c.  
 ד. a ו-b.

3) בחר את הסעיף שבו מופיעים צורונים בעלי אותו מספר האלקטרונים כמו של

אטום קריפטון  ${}_{36}\text{Kr}$  :



4) מהי השורה הנכונה מבין הבאות?

מספר אלקטרונים	מספר נייטרונים	מספר פרוטונים	סמל	
34	45	34	${}_{34}\text{Se}$	א.
38	50	40	${}^{88}_{38}\text{Sr}^{2+}$	ב.
18	16	15	${}_{18}\text{Ar}$	ג.
86	210	85	${}^{210}_{85}\text{At}^-$	ד.

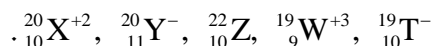
5) לאטום מיונן של יסוד מסוים,  $X^{2+}$ , יש 24 אלקטרונים ו-30 נויטרונים. איזו טענה נכונה:

- מספרו האטומי 24 ומספר המסה 54.
- מספרו האטומי 54 ומספר המסה 24.
- מספרו האטומי 56 ומספר המסה 26.
- מספרו האטומי 26 ומספר המסה 56.

6) להלן שלושה חלקיקים:  ${}_{12}^{24}Z^+$ ,  ${}_{11}^{24}Y^+$ ,  ${}_{11}^{23}X^+$ . אילו טענות נכונות:

- $Z^+$  ו- $Y^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.
- ל- $Z^+$  ו- $Y^+$  אותו מספר אלקטרונים.
- ל- $Y^+$  ו- $Z^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ל- $X^+$  ו- $Z^+$  אותו מספר נייטרונים.
- ל- $X^+$  ו- $Y^+$  הם איזוטופים של אותו יסוד.

7) נתונים חמישה צורנים שסומנו באופן שרירותי באותיות הבאות:



- אילו מבין הצורנים הנתונים הם איזוטופים?
- לאיזה צורן מספר האלקטרונים הוא הגדול ביותר?
- לאיזה צורן מספר הנייטרונים הוא הגדול ביותר?

8) בטבלה הבאה נתונים חמישה חלקיקים של יסודות:

מספר אלקטרונים	מספר נייטרונים	מספר פרוטונים	חלקיק
10	12	10	A
10	12	12	B
16	16	16	C
18	18	17	D
18	18	16	E

- מהו המטען החשמלי של כל חלקיק?
- האם ישנם איזוטופים בטבלה?

- 9) לפחמן (C) ישנם שלושה איזוטופים יחסית יציבים. מהי הקביעה הלא נכונה:
- כל האיזוטופים של פחמן בעלי מטען גרעיני שווה.
  - באיזוטופים של פחמן מספר האלקטרונים יכול להיות שונה ממספר הפרוטונים.
  - לכל האיזוטופים של פחמן אותו מספר מסה.
  - לכל האיזוטופים של פחמן אותו מספר אטומי.

10) בטבלה הבאה נתון ההרכב הגרעיני של החלקיקים הבאים:

החלקיק	$A^{-2}$	$B^{-}$	C	$D^{+}$	E
מספר פרוטונים	13	12	10	13	11
מספר נייטרונים	11	12	11	12	14

התייחסו לכל אחד מהמשפטים הבאים וציינו האם הוא נכון או לא. נמקו.

- ל-E ו- $A^{-2}$  אותו מספר האלקטרונים.
- ל- $B^{-}$  ו- $D^{+}$  אותו מספר האלקטרונים.
- ל-E מספר המסה הגדול ביותר.
- ד.  $A^{-2}$  ו-C הם איזוטופים.
- ה.  $A^{-2}$  ו- $D^{+}$  הם איזוטופים.

11) נתונים החלקיקים הבאים:

החלקיק	מספר האלקטרונים	מספר המסה
$A^{-2}$	9	19
$B^{+}$	6	16
$C^{3+}$	9	22
$D^{3+}$	10	22

ציינו את ההיגד(ים) הנכון(ים):

- $A^{-2}$  ו- $C^{3+}$  הם איזוטופים.
- מטען הגרעין של  $C^{3+}$  זהה לזה של  $D^{3+}$ .
- ג.  $C^{3+}$  ו- $D^{3+}$  הם איזוטופים.
- ד.  $A^{-2}$  ו- $B^{+}$  הם איזוטופים.

## תשובות סופיות

- (1) ג
- (2) ד
- (3) ג
- (4) א
- (5) ד
- (6) ד, ה.
- (7) א.  $T^-$ , Z,  $X^{+2}$     ב.  $Y^-$     ג. Z
- (8) א.  $A:0, B:+2, C:0, D:-1, E:-2$     ב. כן, C ו-E.    ג. A
- (9) ג
- (10) ה
- (11) ד

## ספקטרום אטומי בחלקיקים חד-אלקטרוניים

### שאלות

- 1) חשבו את האנרגיה הדרושה לעירור האלקטרון באטום מימן מרמת היסוד לרמת האנרגיה  $n = 8$ .
- 2) מהו אורך הגל של הפוטון, שייפלט כשאלקטרון יורד מרמה  $n = 4$  לרמת היסוד ביון גזי  $C^{+5}$ ?
- 3) חשבו את אנרגיית היינון (ביחידות J/mol) ממצב היסוד, עבור היונים  $Li^{2+}$  ו-  $He^+$ .
- 4) ענו על הסעיפים הבאים:
  - א. ביון  $He^+$  מעורר האלקטרון יורד מרמת האנרגיה  $n = 6$  לרמת היסוד. חשבו את אורך הגל של הפוטון באנגסטרם.
  - ב. פוטון באורך גל של  $218.1 \text{ \AA}$  נקלט על ידי היון  $He^+$ . כתוצאה מכך  $He^+$  הופך ל-  $He^{2+}$ , והאלקטרון הנפלט ממשיך לנוע. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון הנפלט?
- 5) סדרת הקווים הראשונה בתחום האינפרא-אדום, בספקטרום אטומי מימן, נקראת סדרת פֶּשֶׁן. אחד הקווים של סדרה זו מופיע באורך גל של  $1094 \text{ nm}$ . מאיזו רמת אנרגיה בוצע המעבר?  
\* סדרת פֶּשֶׁן (Paschen Series) מראה את המעברים לרמת האנרגיה השלישית מרמות גבוהות יותר.
- 6) ענו על הסעיפים הבאים:
  - א. מהם ערכי האנרגיה עבור ארבע רמות האנרגיה הראשונות בחלקיק  $Li^{+2}$ ?
  - ב. מצאו את אורך הגל המתאים לעירור של יוני  $Li^{+2}$ , מרמת היסוד לרמה  $n = 4$ .
  - ג. יוני  $Li^{+2}$ , המעוררים ל-  $n = 4$ , דועכים לרמות האנרגיה נמוכות יותר, תוך פליטת פוטונים.
    1. כמה קווים ספקטראליים מתקבלים בדעיכה?
    2. איזה קו ספקטראלי, מאלו שנמצאו ב-1, בעל אורך הגל הקצר ביותר? האם העין תוכל להבחין באור שנפלט, אם נתון שאורכי גל הנמצאים בתחום של האור הנראה הם בטווח של  $300\text{nm} - 700\text{nm}$ .

- (7) אטום מימן ברמת היסוד בולע פוטון בעל אורך הגל של  $97.2 \text{ nm}$ , ואחר כך פולט פוטון בעל אורך הגל  $486 \text{ nm}$ . מה מספר רמת האנרגיה הסופית בה נמצא האלקטרון?
- (8) חלקיק דמוי מימן במצב היסוד בולע פוטונים באורכי-גל (nm): 4.8, 2.54, 1.8. נתון שרק פוטון אחד מבין פוטונים אלה גרם לעירורו, ואילו שאר הפוטונים גרמו לפליטת האלקטרון מהיון הזה. אחד מן הפוטונים שגרם לפליטת האלקטרון הקנה לו מהירות מסוימת, ואילו הפוטון השני הביא לעקירת האלקטרון בלבד.
- א. איזה פוטון גרם לעירור האלקטרון? נמקו.  
 ב. 1. איזה פוטון גרם לעקירת האלקטרון? נמקו.  
 2. מהו מטען היון שהתקבל, כתוצאה מעקירת האלקטרון?  
 ג. חשבו את מהירות תנועת האלקטרון עקב בליעת הפוטון המתאים.
- (9) נתון יון דמוי מימן שהאלקטרון שלו מצוי ברמה מעוררת  $n$ . אנרגיית היינון של היון מן הרמה המעוררת היא  $7.65 \text{ eV}$ . הקרנה באור עם תדירות של  $6.65 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$  גורמת למעבר לרמה המעוררת  $n+1$ . חשבו את הרמה  $n$ . האם היון הוא  $\text{Li}^{2+}$  או  $\text{He}^+$ ?
- (10) פוטונים שנפלטו מאדי כספית הם בעלי אורך גל של  $3130 \text{ \AA}$ . הפוטונים פוגעים בשופרת המכילה גז של יוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$  במצב היסוד. האם תיתכן פליטת האלקטרונים מיוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$ ? במידה וכן, הסבירו. במידה ולא, חשבו באיזו רמה מעוררת חייבים יוני  $\text{Li}_{(g)}^{+2}$  להימצא, כדי לקבל את פליטת האלקטרונים מהם.

## תשובות סופיות

- (1) 13.388 eV
- (2) 2.7nm
- (3)  $\text{He}^+ : 523.98 \cdot 10^4 \text{J/mol}$ ;  $\text{Li}^{2+} : 1178.96 \cdot 10^4 \text{J/mol}$
- (4) א.  $234 \text{ A}^0$  ב.  $4.02 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- (5)  $n = 6$
- (6) א.  $-7.65, -122.4, -30.6, -13.6 \text{ eV}$  ב. 10.81nm ג. 1. שישה קווים.  
2. אינו נראה לעין.
- (7)  $n = 2$
- (8) א. 4.8nm ב. 1. 2.54nm ג.  $8.405 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  ד. +5
- (9)  $\text{Li}^{2+}, n = 4$
- (10) לא תיתכן פליטת אלקטרונים. רמת האנרגיה מספר 6.

## מבנה של אטומים מרובי אלקטרונים

### שאלות

1) מהן הקביעות הנכונות לגבי שלושת המספרים הקוונטיים בסעיפים הבאים? תקנו את הקביעות הלא נכונות.

א.  $n = 2, \ell = 1, m_\ell = +1$

ב.  $n = 3, \ell = 3, m_\ell = -3$

ג.  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = -3$

ד.  $n = 0, \ell = 0, m_\ell = 0$

2) רשמו את הערכים החסרים עבור ארבעת המספרים הקוונטיים הבאים:

א.  $n = ?, \ell = 2, m_\ell = 0, m_s = ?$

ב.  $n = 2, \ell = ?, m_\ell = -1, m_s = -\frac{1}{2}$

ג.  $n = 4, \ell = 1, m_\ell = 2, m_s = ?$

3) כמה אלקטרונים של אטום אחד יכולים להיות בעלי המספרים הקוונטיים הבאים:

א.  $n = 2, \ell = 1$

ב.  $n = 4, \ell = 2, m_\ell = -2$

ג.  $n = 2$

ד.  $n = 3, \ell = 2, m_\ell = +1, m_s = -\frac{1}{2}$

4) איזו מתת-הרמות שלהלן יכולה להתקיים באטום:

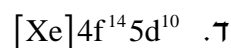
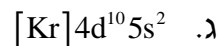
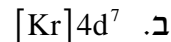
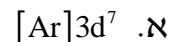
א. 2d

ב. 3f

ג. 6g

ד. 6i

5) נתונות היערכויות אלקטרוניים עבור יון  $X^{+2}$  במצב היסוד. רשמו את היערכות האלקטרוניים עבור יסוד X.

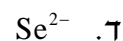
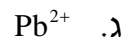
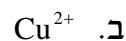
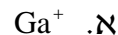


6) איזה צירוף של מספרים קוונטים מתאים לאלקטרון ערכיות (ברמה האחרונה) של אטום Br?

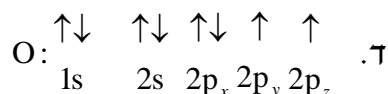
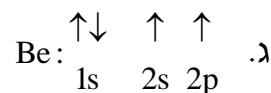
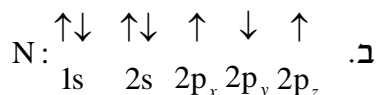
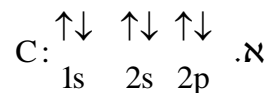
$m_s$	$m_l$	$l$	$n$	
$+\frac{1}{2}$	0	0	4	א.
$+\frac{1}{2}$	-1	1	4	ב.
$-\frac{1}{2}$	0	1	4	ג.

ד. כל התשובות נכונות.

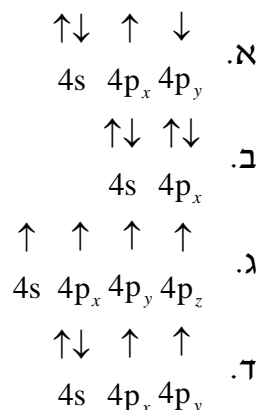
7) כתבו את היערכות האלקטרוניים במצב היסוד וציינו את מספר האלקטרוניים הלא-מזווגים עבור החלקיקים:



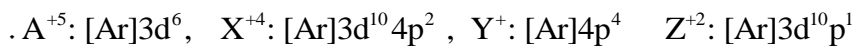
8) קבעו אם היערכויות האלקטרוניים הבאות מייצגות את מצב היסוד או את המצב המעורר של האטום:



9) להלן מספר היערכויות אפשריות של רמת הערכיות של אטום ניטרלי מסוים. מהו היסוד ואיזו היערכות מייצגת את מצב היסוד שלו?



10) נתונים ארבעה יונים בעלי הקונפיגורציות:



לאילו יונים יש אותו מספר אלקטרונים בלתי מזווגים:

- א. ל-  $Z^{+2}$  ו-  $A^{+5}$ .
- ב. ל-  $X^{+4}$  ו-  $Y^+$ .
- ג. ל-  $A^{+5}$  ו-  $Y^+$ .
- ד. ל-  $Z^{+2}$  ו-  $X^{+4}$ .

11) נתונות היערכויות האלקטרוניות עבור מס' חלקיקים. קבעו אילו מהם נמצאים במצב מעורר, ורשמו עבורם את ההערכות האלקטרונית שמתאימה למצב היסוד.

- א.  $1s^2 2s^1 2p^3$
- ב.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$
- ג.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 3d^1$
- ד.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^3$

12) רשמו את הערכות האלקטרוניים עבור:

- א.  $Ge^{2+}$
- ב.  $Mn^+$
- ג.  $Ba^{2+}$
- ד.  $Au^+$

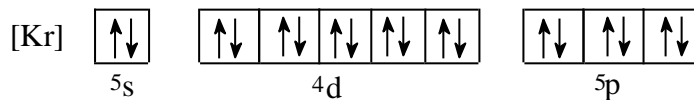
13) אילו מהקונפיגורציות הבאות לא יכולות להתקיים על פי חוק פאולי?

- א.  $1s^2 2s^3 2p^3$   
 ב.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$   
 ג.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^6$   
 ד.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$   
 ה.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 4s^2 3d^{14}$

14) איזה היגד נכון, לאלקטרון שיש לו את המספרים הקוונטיים  $l = 2, m_l = 0$ :

- א. האלקטרון חייב להימצא באורביטל  $3d$ .  
 ב. האלקטרון יכול להימצא באורביטל  $3p$ .  
 ג. האלקטרון יכול להימצא באחד מחמישה אורביטלי  $d$  (בעלי אנרגיה שווה) ה"פזורים" במרחב שמסביב לאטום.  
 ד. האלקטרון יכול להיות שייך לאטום סידן,  $Ca$ .

15) ליסוד מסוים X יש את המערך האלקטרוני הבא:



מה ניתן ללמוד מכך על היסוד X?

- א. ל-X יש אורביטלי  $d$  ו- $f$  ריקים.  
 ב. ביכולתו של X ליצור תרכובות יוניות עם מתכות.  
 ג. X שייך לגוש  $d$ , מכיוון שאורביטל  $d$  מאוכלס באלקטרונים.  
 ד. הרמה הרביעית של X **מלאה**.  
 ה. ל-X מערך אלקטרוני דומה למערך האלקטרוני של Kr, ולכן שניהם שייכים לאותה "משפחה".

16) איזה מהמשפטים הבאים אינו נכון:

- א. מספר ערכי  $l$  האפשריים עבור  $n=3$  שווה ל-3.  
 ב. מספר האורביטלים בעלי המספרים הקוואנטים  $l=1, n=3$ , הוא 3.  
 ג. מספר האלקטרונים המקסימלי הניתנים לאכלוס באורביטלים המאופיינים במספרים הקוואנטים  $l=1, n=2$ , שווה ל-3.  
 ד. מספר ערכי  $m_l$  עבור  $l=1$ , שווה ל-3.

## תשובות סופיות

(1) א

(2) א.  $m_s = \pm \frac{1}{2}; n \geq 3$  ב.  $\ell = 1$  ג.  $m_\ell = -1, 0, 1; m_s = \pm \frac{1}{2}$ 

(3) א. 6 ב. 2 ג. 8 ד. 1

(4) ג

(5) א.  $[\text{Ar}]3d^7 4s^2$  ב.  $[\text{Kr}]4d^7 5s^2$  ג.  $[\text{Kr}]4d^{10} 5s^2 5p^2$ ד.  $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^{10} 6s^2$ 

(6) ד

(7)  $\text{Ga}^+$ : אין אלקטרונים בלתי מזווגים;  $\text{Cu}^{2+}$ : אלקטרון אחד בלתי מזווג;  
 $\text{Pb}^{2+}$ : אין אלקטרונים בלתי מזווגים;  $\text{Se}^{2-}$ : אין אלקטרונים בלתי מזווגים.

(8) א-ג. מצב מעורר. ד. מצב היסוד.

(9) ד; יסוד Ge.

(10) ב

(11) א, ג, ד.

(12) א.  $[\text{Ar}]4s^2 3d^{10}$  ב.  $[\text{Ar}]4s^1 3d^5$  ג.  $[\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^6$ ד.  $[\text{Xe}]5d^{10}$ 

(13) א, ג, ה.

(14) ג

(15) א, ג.

(16) ג

## תכונות מחזוריות של אטומים

### שאלות

- 1) מה לא נכון לגבי אטומי כלור וזרחן?  
 א. רדיוס אטומי של כלור גדול מזה של זרחן.  
 ב. אנרגיית היינון הראשונה של זרחן נמוכה מזו של כלור.  
 ג. האטומים האלה שייכים לגוש p בטבלה המחזורית.  
 ד. אלקטרושליליות של אטומי כלור גבוהה מזו של אטומי זרחן.
- 2) מהי הקביעה הלא נכונה לגבי גודל הצורון:  
 א.  $R(S^{-2}) > R(Ar)$   
 ב.  $R(Si^{+4}) < R(Ar)$   
 ג.  $R(Se^{-2}) < R(S^{-2})$   
 ד.  $R(Se^{-2}) > R(Ar)$
- 3) אנרגיית היינון הראשונה של רובידיום (Rb) שווה ל-403 kJ/mol, ושל סידן (Ca) 590 kJ/mol. לכן, אנרגיית היינון הראשונה של אשלגן (K) תהיה:  
 א. גבוהה מ-590 kJ/mol.  
 ב. נמוכה מ-403 kJ/mol.  
 ג. גבוהה מ-403 kJ/mol, אך נמוכה מ-590 kJ/mol.  
 ד. לא ניתן לקבוע לפי נתוני השאלה.
- 4) הסיבות להבדל בין אנרגיית היינון של  $Al^+$  לאנרגיית היינון של  $Mg^+$ , היא:  
 א. מספר הנייטרונים בגרעין של  $Al^+$  גדול יותר ממספר הנייטרונים בגרעין של  $Mg^+$ .  
 ב. מטען הגרעין של  $Al^+$  גדול ממטען הגרעין של  $Mg^+$ .  
 ג. יון  $Mg^+$  מכיל אלקטרון s אחד, בעוד ש- $Al^+$  מכיל שני אלקטרונים s.  
 ד. מספר האלקטרונים שמכיל  $Al^+$  גדול ממספר האלקטרונים שמכיל  $Mg^+$ .

- 5) איזו קביעה מבין הבאות מדגישה ביותר את יציבות אלקטרוני ה-p :
- א. הזיקה האלקטרונית של אטומי פלואור (F) גבוהה מזו של אטומי חמצן (O).
- ב. אנרגיית היינון הראשונה של חנקן (N) גבוהה מזו של אטומי זרחן (P).
- ג. אנרגיית היינון השנייה של חמצן (O) גבוהה מזו של אטומי פלואור (F).
- ד. הזיקה האלקטרונית של אטומי בריליום (Be) גבוהה מזו של אטומי בור (B).

6) סדרו את החלקיקים הבאים לפי סדר עולה של נפחם, ונמקו :

א. S, P, O, Se, As

ב.  $N^{-3}$ ,  $F^-$ ,  $O^{-2}$ , Ne

ג.  $K^+$ ,  $S^{-2}$ ,  $Cl^-$ ,  $P^{-3}$

7) נתונים ארבעה יסודות מהשורה השלישית במערכת המחזורית : A, B, C, D. בטבלה שלהלן רשומות אנרגיות היינון העוקבות של אטומים אלו :

A	B	C	D	יסודות אנרגיית היינון
578	496	789	738	$E_1$
1817	4563	1573	1451	$E_2$
2745	6913	3232	7733	$E_3$
11578	9594	4356	10541	$E_4$
14831	13352	16091	13629	$E_5$

- א. באיזה טור נמצא כל יסוד?
- ב. רשמו את המערך האלקטרוני עבור היסודות A, B, C, D.
- ג. הסבירו מדוע  $E_1(D) > E_1(B)$ ;  $E_1(D) > E_1(A)$ ;  $E_2(D) > E_1(D)$ ;  $E_2(B) > E_2(D)$ .

8 נתונה טבלה מחזורית שבה חלק מהיסודות סומנו באותיות באופן שרירותי, כאשר המיקום המקורי חופף למיקום האות שכתובה בו.

													R		M	Q	
	A																
				L									Z	Y	X	E	

א. 1. רשמו את ההערכות האלקטרונית (המלאה) של X ו- $L^{+2}$ .  
 2. כמה אורביטלים מכל סוג מאוכלסים באלקטרונים (אכלוס מלא או חלקי) מכיל יסוד Y ?

ב. ל-X מתאימים שלושה יונים יציבים:  $X^{+5}$ ;  $X^{+3}$ ;  $X^{-3}$ .

1. רשמו את ההערכות האלקטרונית (המלאה) עבורם.  
 2. סדרו את היונים לפי רדיוס עולה.

ג. לאיזה יסוד זיקה אלקטרונית גבוהה יותר? הסבירו.  
 1. X או E ?  
 2. Y או X ?

9 נתונים היסודות מגנזיום (Mg), בריום (Ba), זרחן (P), חמצן (O), גופרית (S), פחמן (C) וחנקן (N).

בטבלה שלהלן מובא רדיוס של שבע יסודות שסומנו באותיות באופן שרירותי:

א. התאימו את היסודות לאותיות.  
 ב. סדרו את היסודות על פי אנרגיית היינון שנייה, והסבירו.  
 ג. לאיזה יסוד זיקה אלקטרונית נמוכה יותר? הסבירו.

1. גופרית או זרחן.  
 2. חנקן או פחמן.

X	Y	Z	W	R	L	M	יסוד
1.36	1.10	1.98	0.70	1.04	0.72	0.77	רדיוס [Å]

10) שישה יסודות בעלי מספרים אטומיים עוקבים, סומנו באופן שרירותי באותיות U, V, W, X, Y, Z. ליסוד U המספר האטומי הקטן ביותר, וליסוד Z הגדול ביותר. בטבלה להלן מובאים אנרגיות היינון הראשונות של היסודות X, W ו-Y:

יסוד	אנרגיית היינון הראשונה, בערכי $\frac{\text{kJ}}{\text{mole}}$
W	1251
X	1521
Y	419

- א. קבעו לאיזה טור במערכה המחזורית שייך כל אחד מהיסודות מ-U עד Z.
- ב. 1. האם אנרגיית היינון של Z תהיה גבוהה מזו של Y או נמוכה ממנה? נמקו.
2. האם אנרגיית היינון הראשונה של U תהיה גבוהה מזו של V או נמוכה ממנה? נמקו.
- ג. סדרו את היסודות U, V, W, X, Y, Z, לפי אנרגיית יינון שנייה.
- ד. סדרו את היסודות U, V, W, X, Y, Z, לפי נפח אטומי עולה.

## תשובות סופיות

- (1) א
- (2) ג
- (3) ג
- (4) א, ב, ג.
- (5) ג
- (6) א.  $Ne < F^- < O^{2-} < N^{3-}$  .ב.  $O < S < P < Se < As$  .ג.  $K^+ < Cl^- < S^{2-} < P^{3-}$
- (7) א. A – טור 3 ; B – טור 1 ; C – טור 4 ; D – טור 2.  
 ב.  $A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ,  $B: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$   
 $C: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ,  $D: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
- (8) א.1.  $L^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$ ,  $X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$ .  
 א.2.  $s - 4$ ;  $p - 8$ ;  $d - 5$
- ב.1.  $X^{5+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ ,  $X^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$   
 $X^{3-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$
- א.2.  $X^{5+} < X^{3+} < X^{3-}$
- (9) א. X – Mg; Y – P; Z – Ba; M – C; L – N; W – O; R – S  
 ב.  $Ba < Mg < P < S < C < N < O$  .ג.1. S .2. C
- (10) א. U – טור 5 ; V – טור 6 ; W – טור 7 ; X – טור 8 ; Y – טור 1 ; Z – טור 2.  
 ב.1. Z .2. גבוהה.  
 ג.  $Z < U < W < V < X < Y$   
 ד.  $X < W < V < U < Z < Y$

# הבסיס התאי

פרק 2 - כימיה - קשרים כימיים וסוגי החומרים

תוכן העניינים

- 18 ..... 1. קשר יוני
- 22 ..... 2. קשר קוולנטי
- 25 ..... 3. סוגי הקשרים הכימיים בין חלקיקים

## קשר יוני

## שאלות

1) ליסוד M סדר אנרגיות יינון עוקבות (ב-eV):

0.98, 1.42, 2.02, 9.30, 10.2, 12.1,...

נוסחת התחמוצת (תרכובת עם חמצן) של מתכת M הסבירה ביותר היא:

א.  $MO_2$

ב.  $M_2O_3$

ג.  $M_3O_2$

ד.  $M_2O$

2) בטבלה שלהלן נתונים ערכי אנרגיות היינון הראשונות של חמישה יסודות

עוקבים בטבלה מחזורית. היסודות סומנו באופן שרירותי באותיות E – A:

היסוד	A	B	C	D	E
אנרגיית היינון הראשונה	1000	1250	1520	420	590

איזו נוסחה נכונה:

א. DO

ב. EO

ג.  $A_2O_3$

ד.  $BO_2$

3) לתחמוצת של מתכת X נוסחה  $X_2O_3$ . לפי נתון זה, נצפה עבור מתכת X להפרש

הגדול ביותר בין אנרגיית היינון ה\_\_\_\_\_ לאנרגיית היינון ה\_\_\_\_\_.

א. ראשונה שנייה.

ב. שנייה, שלישית.

ג. שלישית, רביעית.

ד. רביעית, חמישית.

4) הדירוג, עבור ארבעת החומרים היוניים, על פי סדר עולה של נקודת ההיתוך

הוא:

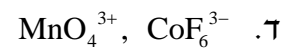
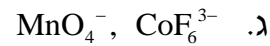
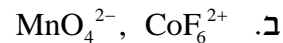
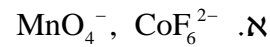
א.  $MgO > KCl > RbBr > RbI$

ב.  $MgO > RbI > KCl > RbBr$

ג.  $RbBr > RbI > MgO > KCl$

ד.  $KCl > RbBr > RbI > MgO$

5) נתונות שתי תרכובות יוניות שנוסחתן היא: a)  $\text{Na}(\text{MnO}_4)$ , b)  $\text{Ca}_3(\text{CoF}_6)_2$ . סמנו את התשובה הנכונה המתייחסת למטען היונים המוקפים בסוגריים:



6) נתונה התרכובת היונית  $\text{AB}_3$ .

ידוע שהרדיוס האטומי של A הוא  $0.97\text{\AA}$ , ואילו הרדיוס היוני שלו הוא  $1.12\text{\AA}$ .  
הרדיוס האטומי של B הוא  $0.89\text{\AA}$  והרדיוס היוני שלו  $0.75\text{\AA}$ .

א. מהו מטענו של האניון בתרכובת הזו?

ב. היסודות בטבלת אנרגיות היינון הבאה לקוחים מהשורה השלישית של המערכה המחזורית.

זהו את היסודות בטבלה ופרטו מדוע, וזהו את היסוד B שבתרכובת.

יסוד 1	יסוד 2	יסוד 3	אנרגיות ינון, בערכי kJ/mol
500	790	580	$E_1$
4560	1580	1820	$E_2$
6910	3230	2740	$E_3$
9540	4360	11580	$E_4$
13350	16090	14830	$E_5$

7) נתונה הטבלה הבאה:

חומר	נקודת ההיתוך	מסיסות במים
$\text{BaS}$	1200	זניחה
$\text{MgS}$		זניחה
$\text{RbCl}$	718	גבוהה
$\text{RbI}$		גבוהה

מהי נקודת ההיתוך (ב- $^\circ\text{C}$ ) המתאימה ביותר ל  $\text{MgS}$  ו- $\text{RbI}$ ?

א. 2050 ו-640.

ב. 1050 ו-640.

ג. 2050 ו-850.

ד. 1050 ו-850.

8) מהי הקביעה הלא נכונה :

- א. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2CO_3$  לתמיסה של  $BaS$  לא מבחנים במשקע.
- ב. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2S$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.
- ג. כאשר מוספים תמיסת  $Rb_2CO_3$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.
- ד. כאשר מוספים תמיסת  $RbCl$  לתמיסה של  $RbI$  לא מבחנים במשקע.

9) מהי הנוסחה האמפירית של התרכובות הבאות :

- א. מגנזיום ארסני.
- ב. אינדיום גופרי.
- ג. אלומיניום הידריד.
- ד. הידרוקסיד של ביסמות (3).
- ה. סידן חנקתי.
- ו. סידן זרחתי.

## תשובות סופיות

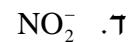
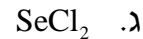
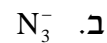
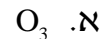
- (1) ב  
 (2) ב  
 (3) ג  
 (4) א  
 (5) ג  
 (6) א. 3- ב. Na – B; 3 – Al; 2 – Si; 1 – Na  
 (7) א  
 (8) א  
 (9) א.  $Mg_3As_2$  ב.  $In_2S_3$  ג.  $AlH_3$  ד.  $Bi(OH)_3$   
 ה.  $Ca(NO_3)_2$  ו.  $Ca_3(PO_4)_2$

## קשר קוולנטי

## שאלות

- 1) רשמו את נוסחאות לואיס עבור:  $\text{CH}_3\text{SH}$ ,  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{SbCl}_5$ ,  $\text{AsOCl}_3$ ,  $\text{OCCl}_2$ .
- 2) רשמו את מבנה לואיס עבור החלקיקים הבאים וציינו את המבנים הרזונטיביים:  $\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NCO}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ .
- 3) נתונים החלקיקים הבאים:  $\text{ICl}_5$ ,  $\text{I}_3^-$ ,  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{SnH}_4$ ,  $\text{NOCl}$ ,  $\text{C}_2\text{F}_4$ ,  $\text{ICl}_2^+$ .  
 לגבי כל חלקיק קבעו:  
 א. את סוג ההכלאה של האטום המרכזי.  
 ב. את המבנה המרחבי.  
 ג. האם החלקיק בעל דו-קוטב קבוע?
- 4) נתונים הצורנים  $\text{PSCl}_3$  ו-  $\text{SCl}_5^+$ .  
 א. הציגו להם את מבנה לואיס היציב ביותר.  
 ב. קבעו את ההכלאה של האטום המרכזי בכל אחד מהצורנים.  
 ג. מהי הצורה הגיאומטרית של כל צורן?
- 5) נתונים מבנים רזונטיביים עבור התרכובת  $\text{H}_2\text{CSO}$ , מסומנים ב- A-E:
- $$\underbrace{\text{H}_2\text{C}-\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}:}_{\text{A}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{H}_2\ddot{\text{C}}-\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}:}_{\text{B}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{H}_2\text{C}=\ddot{\text{S}}-\ddot{\text{O}}:}_{\text{C}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{H}_2\ddot{\text{C}}-\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}}_{\text{D}} \longleftrightarrow \underbrace{\text{H}_2\text{C}=\ddot{\text{S}}=\ddot{\text{O}}}_{\text{E}}$$
- כמו כן נתונים ערכי אלקטרושליליות:
- | אטום          | חמצן, O | גופרית, S | פחמן, C |
|---------------|---------|-----------|---------|
| אלקטרושליליות | 3.5     | 2.5       | 2.5     |
- א. סדרו את המבנים הנ"ל לפי יציבותם, מהנמוכה לגבוהה יותר.  
 ב. התייחסו למבנה היציב ביותר וקבעו את ההכלאה של כל אטום מרכזי ואת הצורה הגיאומטרית סביבו.

6) העריכו את זוויות הקשרים שהאטום המרכזי מעורב בהם בחלקיקים:



7) נתונים שלושה חלקיקים:  $O_2^+$ ,  $O_2^-$  ו-  $O_2^{2-}$ .

א. כתבו את היערכות אורביטלי הערכיות המולקולריים בחלקיקים אלה.

ב. מהו סדר הקשר בכל צורון?

ג. האם הצורנים הללו הם פאראמגנטיים או דיאמגנטיים?

8) נתונים החלקיקים  $CF^-$ ,  $CF$ ,  $CF^+$ .

א. סדרו את החלקיקים בסדר עולה, לפי אורך הקשר C-F.

ב. האם חלקיקים אלה הם פאראמגנטיים או דיאמגנטיים?

9) נתונים החלקיקים הבאים:  $He_2$ ,  $He_2^+$ ,  $H_2$ .

א. היעזרו בהיערכות האלקטרוניים באורביטלים המולקולריים, והשוו את החלקיקים הנ"ל לפי יציבותם.

ב. האם אפשרי קיומם של חלקיקים אלה בתנאים תקינים? במידה ולא,

האם ניתן להכינם בתנאים מיוחדים?

10) איזו מהמולקולות הבאות בעלת הקשר החזק ביותר:  $B_2$ ,  $C_2$ .

הערה: היעזרו במערך האלקטרוניים באורביטלים המולקולריים.

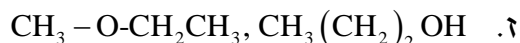
## תשובות סופיות

- (1) ראו סרטון באתר.
- (2) ראו סרטון באתר.
- (3)  $SP^3: ICl_2^+$ , זוויתי, קוטבי;  $SP_2: C_2F_4$ , משולש מישורי, לא קוטבי;  
 $NOCl: SP^2$ , זוויתי, קוטבי;  $SP^3: SnH_4$ , טטרהדר, לא קוטבי;  
 $PCl_3: SP^3$ , פירמידה משולשת, קוטבי;  $SP^3d: I_3^-$ , קווי, לא קוטבי;  
 $ICl_5: SP^3d^2$ , פירמידה מרובעת, קוטבי.
- (4)  $SP^3d: SCl_5^+$ , דו-פירמידה משולשת;  $SP^3: PSCl_3$ , טטרהדר.
- (5) א.  $E > C = A > D > B$ . ב.  $SP^2$ , משולש מישורי וזוויתי.
- (6) א.  $120^\circ >$  ב.  $180^\circ$  ג.  $180^\circ >$  ד.  $120^\circ >$
- (7)  $O_2^-$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*3}$ ; פאראמגנטי,  $BO = 1.5$   
 $O_2^+$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*1}$ ; פאראמגנטי,  $BO = 2.5$   
 $O_2^{2-}$ :  $\sigma_{1s}^2 \sigma_{1s}^{*2} \sigma_{2s}^2 \sigma_{2s}^{*2} \sigma_{2p}^2 \pi_{2p}^4 \pi_{2p}^{*4}$ ; דיאמגנטי,  $BO = 1$
- (8) א.  $CF^+ < CF < CF^-$  ב.  $CF^+$  – דיאמגנטי;  $CF^-$  ו-  $CF$  – פאראמגנטיים.
- (9) א.  $He_2 < He_2^+ < H_2$  ב.  $He_2$  קיים רק במצב מעורר.
- (10)  $C_2$

## סוגי הקשרים הכימיים בין חלקיקים

### שאלות

1) בכל אחד מהזוגות שלהלן, קבעו איזה משני החומרים הוא בעל טמפרטורת היתוך גבוהה יותר. נמקו.



2) הסבירו את התופעות הבאות:

א. נקודת הרתיחה של HF גבוהה מזו של HCl.

ב. נקודת הרתיחה של  $\text{CCl}_4$  גבוהה מזו של  $\text{H}_2\text{S}$ .

ג. נקודת הרתיחה של  $\text{CH}_3\text{F}$  גבוהה מזו של  $\text{CO}_2$ .

ד. נקודת הרתיחה של  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  נמוכה מזו של  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .

3) אילו מהמולקולות הבאות נוטות ליצור קשרי מימן:



4) הסבירו כל אחת מהעובדות הבאות:

א. לגופרית ( $\text{S}_8$ ) נקודת רתיחה גבוהה מזו של הברום ( $\text{Br}_2$ ).

ב. גופרית נמסה היטב ב- $\text{CS}_2$  ואינה נמסה במים.

ג. אשלגן מוצק מוליך חשמל, אבל  $\text{K}_2\text{S}$  מוצק אינו מוליך חשמל.

ד.  $\text{CH}_3\text{OH}$  ו- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  נמסים היטב במים.

5 נתונות התרכובות הבאות:  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  ו- $\text{C}_3\text{H}_6$ .

מהי הקביעה הנכונה?

- א. ל- $\text{C}_3\text{H}_6$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שבמולקולות קיים קשר כפול.
- ב. ל- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שהמולקולות בעלות דו-קוטב קבוע.
- ג. ל- $\text{CH}_3\text{NH}_2$  טמפרטורת רתיחה גבוהה יותר, כיוון שהקשרים הבין-מולקולריים חזקים יותר.
- ד. לשתי התרכובות טמפרטורות הרתיחה קרובות בערך, כיוון שלשתי התרכובות מולקולות הדומות במבנה ובגודל ענן האלקטרונים.

6 בין אילו מולקולות לא יכולים להתפתח קשרי מימן:

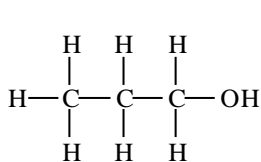
- א. כאשר מכניסים די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ , לתוך מים.
- ב. כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך אתנול,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .
- ג. כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך די מתיל אתר,  $\text{O}(\text{CH}_3)_2$ .
- ד. כאשר מכניסים טרי מתיל אמין,  $\text{N}(\text{CH}_3)_3$ , לתוך מים.

7 איזו קביעה מהבאות אינה נכונה:

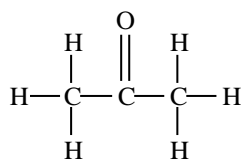
- א. נקודת היתוך של Na גבוהה מזו של Mg.
- ב. נקודת היתוך של MgS גבוהה מזו של  $\text{SO}_2$ .
- ג. נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  גבוהה מזו של  $\text{O}_3$ .
- ד. נקודת הרתיחה של  $\text{SO}_3$  נמוכה מזו של  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

8 נתונים שלושת החומרים: A, B ו-C בעלי מסה מולרית דומה.

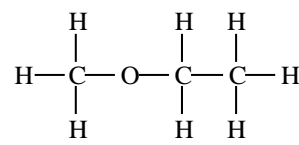
אילו היגדים נכונים עבור חומרים אלה?



A



B



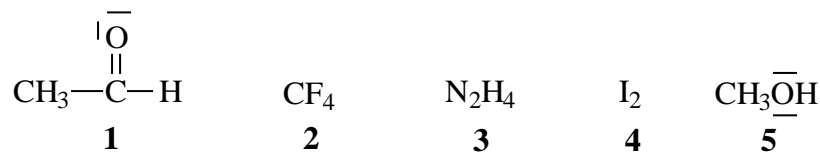
C

- א. מבין שלושת החומרים, ל-A יש את נקודת הרתיחה הגבוהה ביותר.
- ב. A ו-B יכולים ליצור קשרי מימן עם מולקולות מים.
- ג. בכל שלושת החומרים יש קיטוב (דיפול) קבוע.
- ד. מולקולות של C יוצרות קשרי מימן ביניהם לבין עצמן.

9) נתונים ארבעה חומרים ונקודות רתיחה (נתונות ב-K). מהו הדירוג הנכון?

	Cl <sub>2</sub>	CINO	N <sub>2</sub>	CCl <sub>4</sub>	
א.	267	350	77	239	
ב.	239	267	77	350	
ג.	239	350	77	267	
ד.	77	267	239	350	

10) נתונים חמישה חומרים:



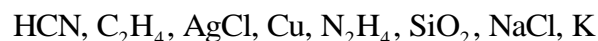
מהם שני ההיגדים הנכונים?

- א. בין חומר 1 לחומר 5 יתכנו קשרי מימן.  
 ב. מולקולות 2 ו-4 הן קוטביות.  
 ג. בין חומר 1 לחומר 2 יתכנו קשרי מימן.  
 ד. מולקולות של חומר 1 יוצרות קשרי מימן ביין לבין עצמן.  
 ה. מולקולות של חומר 3 יוצרות קשרי מימן ביין לבין עצמן.

11) נתונים שבעה חומרים המסומנים שרירותית באותיות A-G:

מוליכות במצב נוזל	מוליכות במצב מוצק	מסיסות ב-CHCl <sub>3</sub>	מסיסות ב-CS <sub>2</sub>	מסיסות במים	החומר
+	-	-	-	+	A
+	+	-	-	+	B
-	-	מוגבלת	+	-	C
-	-	-	-	+	D
-	-	+	מוגבלת	מוגבלת	E
+	-	-	-	-	F
+	+	-	-	-	G

א. זהו את החומרים מתוך הרשימה הבאה:



ב. סדרו את החומרים המולקולריים לפי נקודת הרתיחה עולה. נמקו.

ג. הסבירו את העובדות הבאות:

1. Tb(NH<sub>3</sub>) < Tb(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) < Tb(P<sub>4</sub>) (כאשר Tb היא טמפרטורת הרתיחה).

2. G מוליך זרם חשמלי במצב מוצק ונוזל ו-A מוליך במצב נוזל בלבד.

## תשובות סופיות

- (1) א.  $\text{NH}_3$       ב.  $\text{KCl}$       ג.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$       ד.  $\text{CHCl}_3$
- ה.  $\text{SiO}_2$       ו.  $\text{I}_2$       ז.  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{OH}$
- (2) א. קשרי מימן.      ב. כוחות לונדון.  
ג. כוחות דיפול-דיפול.      ד. קשרי מימן.
- (3) ג, ה.
- (4) א. חוזק כוחות לונדון.  
ב. יכולת ליצור קשרי לונדון עם  $\text{CS}_2$  ואי-יכולת ליצור קשרי מימן עם מים.  
ג. נוכחות אלקטרוניים חופשיים במוצק מתכתי והיעדר יונים חופשיים במוצק יוני.  
ד. יכולת היווצרות קשרי מימן.
- (5) ג
- (6) ג
- (7) א
- (8) א, ב, ג.
- (9) ב
- (10) א, ה.
- (11) א.  $\text{A: NaCl; B: K; C: C}_2\text{H}_4; \text{D: N}_2\text{H}_4; \text{E: HCN; F: AgCl; G: Cu}$   
ב.  $\text{C}_2\text{H}_4 < \text{HCN} < \text{N}_2\text{H}_4$   
ג. 1. חוזק קשרי לונדון וקשרי מימן.  
2. נוכחות אלקטרוניים חופשיים בחומר מתכתי, ונוכחות יונים חופשיים בנוזל יוני.

# הבסיס התאי

פרק 3 - כימיה - חומצות ובסיסים

תוכן העניינים

1. חומצות ובסיסים ..... 29

## חומצות ובסיסים

### שאלות

- חשבו את ה-pH וה-pOH של התמיסות המימיות בשאלה 1 (חומצה חזקה) ושאלה 2 (בסיס חזק):
- 5 מ"ל של תמיסת  $\text{HClO}_{4(aq)}$  בריכוז  $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$  לאחר מיהול ל-25 ml.
  - 10.9 מ"ג של  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  הומסו ב-10 מ"ל תמיסת KOH, בריכוז של  $3.46 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ .
  - חשבו את ה-pH ואת אחוז הפרוטונציה של תמיסת  $(\text{CH}_3)_3 \text{N}_{(aq)}$  בריכוז של 0.35 M, כאשר נתון  $\text{pK}_b((\text{CH}_3)_3 \text{N}) = 4.19$ .
  - ערך ה-pH של תמיסת  $\text{HClO}_{2(aq)}$  בריכוז של 0.1 M הוא 1.2. מהו ערך ה- $\text{pK}_a$  של החומצה?
  - מצאו את הריכוז ההתחלתי של תמיסת הידרזין  $(\text{NH}_2\text{NH}_2)$  בעלת  $\text{pH} = 10.2$ , כאשר נתון  $\text{K}_b(\text{NH}_2\text{NH}_2) = 1.7 \cdot 10^{-6}$ .
  - שיעור הדה-פרוטונציה של חומצה בנוזאית  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})$  הוא 2.4%, בעלת ריכוז של 0.11 M. חשבו את ה-pH ואת ה- $\text{K}_a$  שלה.
  - דגימה של 150 מ"ל תמיסת  $\text{NaCH}_3\text{CO}_{2(aq)}$ , בריכוז של 0.02 M, נמהלת עד לנפח של 500 מ"ל. מהו ה-pH של התמיסה, ומהו ריכוז החומצה האצטית  $(\text{CH}_3\text{COOH})$  בתמיסה, כאשר נתון  $\text{K}_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$ ?
  - התרופה אמפטמין  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2)$ , שקבוע הבסיסיות שלה הוא  $\text{K}_b = 7.8 \cdot 10^{-4}$ , משווקת בד"כ כמלח מימן ברומי  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_3^+\text{Br}^-)$ . קבעו את ה-pH של התמיסה, שהוכנה על ידי המסת 6.48 גרם מלח ב-200 מ"ל מים (יש להניח שנפח התמיסה המתקבלת הוא 200 מ"ל).

- 9** חשבו את ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{SO}_4$  בריכוז  $0.15\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a2}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-2}$ .
- 10** חשבו את ה-pH של תמיסת  $\text{H}_2\text{TeO}_4$  בריכוז  $1.1 \cdot 10^{-3}\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a1} = 2.1 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_{a2} = 6.5 \cdot 10^{-12}$ .
- 11** חשבו את הריכוזים של הצורנים  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  שנמצאים בתמיסה של  $\text{Na}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  בריכוז של  $0.0456\text{ M}$ , כאשר נתון כי  $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4.3 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5.6 \cdot 10^{-11}$ .
- 12** חשבו את ה-pH של התמיסה שמתקבלת מערבוב של  $30$  מ"ל תמיסת  $\text{HCN}(\text{aq})$ , בריכוז של  $0.05\text{ M}$ , עם  $70$  מ"ל תמיסת  $\text{NaCN}$  בריכוז של  $0.03\text{ M}$ , כאשר נתון  $K_a(\text{HCN}) = 4.9 \cdot 10^{-10}$ .
- 13** נתונה תמיסה שמכילה  $\text{Na}_2\text{HPO}_4(\text{aq})$  בריכוז של  $0.15\text{ M}$ , ו-  $\text{KH}_2\text{PO}_4(\text{aq})$  בריכוז של  $0.1\text{ M}$ , כאשר נפח התמיסה הוא  $100$  מ"ל.  
א. מהו ה-pH של התמיסה?  
ב. מהו השינוי ב-pH, הנובע מהוספת  $80$  מ"ל של  $\text{NaOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.01\text{ M}$ , לתמיסה שבסעיף א, כאשר נתון כי  $K_{a3}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2.1 \cdot 10^{-13}$ ,  $K_{a1}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7.6 \cdot 10^{-3}$ ,  $K_{a2}(\text{H}_3\text{PO}_4) = 6.2 \cdot 10^{-8}$ .
- 14**  $4.25$  גרם חומצה חלשה חד-פרוטית (HA) הומסו במים.  
בטיטור של התמיסה עם  $\text{NaOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.35\text{ M}$ , נדרשו  $52$  מ"ל כדי להגיע לנקודה האקוויולנטית. לאחר הוספת  $26$  מ"ל של הבסיס, נמצא שה-pH של התמיסה שווה ל- $3.82$ .  
א. מהי המסה המולרית של החומצה?  
ב. מהו ערך ה- $\text{pK}_a$  של החומצה?
- 15** בוצע טיטור של  $25$  מ"ל  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$  בריכוז של  $0.1\text{ M}$ , עם  $\text{KOH}$  ב- $0.1\text{ M}$ .  
א. מה יהיה ה-pH לאחר הוספת  $10$  מ"ל של תמיסת  $\text{KOH}$ ?  
ב. מהו הנפח של תמיסת  $\text{KOH}$ , הדרוש כדי להגיע לסתירה המלאה?  
ג. חשבו את ה-pH בנקודה הסטויכיומטרית, כש- $K_a(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.8 \cdot 10^{-5}$ .

**16** אילו חומרים יש לערבב על מנת לקבל תמיסת בופר?

- 0.15 מול של KOH עם 0.08 מול של HCl בכלי שנפחו 1 ליטר.
- 0.15 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.
- 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOK בכלי שנפחו 1 ליטר.
- 0.08 מול של KOH עם 0.15 מול של HCOOH בכלי שנפחו 1 ליטר.

**17** תמיסה A, שנפחה 1.2 ליטר, היא תמיסת NaOH בעלת  $\text{pH} = 12.0$ .

תמיסה B, שנפחה 0.6 ליטר, היא תמיסת HCl בעלת  $\text{pH} = 1.00$ .

מהו המשפט הנכון:

- שתי התמיסות מכילות את אותו מספר מולים של מומס.
- ריכוז יוני ה-  $\text{Cl}^-$  בתמיסה B גדול פי 10 מריכוז יוני ה-  $\text{Na}^+$  בתמיסה A.
- כתוצאה מערבוב של שתי התמיסות תתקבל תמיסה בעלת  $\text{pH} > 7$ .
- בערבוב נפחים שווים של שתי התמיסות, תתקבל תמיסה בעלת  $\text{pH} = 7$ .

**18** לתמיסה של  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , בריכוז 0.1M, ה- $\text{pH}$  נמוך יותר מזה של תמיסת

KCN בריכוז 0.1M. מכאן נובע כי:

- א. יון  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  עובר דיסוציאציה חלקית לייצור  $\text{H}_3\text{O}^+$ .
- ב. יון  $\text{CN}^-$  הוא בסיס חלש יותר מיון  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ .
- ג. מסיסות של חומצת  $\text{CH}_3\text{COOH}$  במים, קטנה מזו של HCN.
- ד. חומצת HCN חלשה יותר מחומצת  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

**19** ל-0.025 ליטר של תמיסת  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , שריכוזה 0.01M, הוסיפו 0.01 ליטר של

תמיסת  $\text{HNO}_3$ , שריכוזה 0.025M. ה- $\text{pH}$  של התמיסה הסופית יהיה:

- א. קטן מ-7.
- ב. גדול מ-7.
- ג. שווה 7.
- ד. לא ניתן לקבוע.

20) להלן שלוש קביעות לגבי תגובה בין 50 מ"ל של HA, בריכוז 0.1M, לבין 50 מ"ל של KOH, בריכוז 0.1M.

1. ה-pH הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצה חזקה.
  2. ה-pH הסופי הוא בסיסי, במידה ש-HA היא חומצה חלשה.
  3. ה-pH הסופי הוא ניטרלי, במידה ש-HA היא חומצה חלשה.
- איזו קביעה נכונה?
- א. קביעה 1 בלבד.
  - ב. קביעה 2 בלבד.
  - ג. קביעה 3 בלבד.
  - ד. קביעות 1 ו-2.

21) נתון כי  $K_a(\text{HOCl}) = 2.9 \cdot 10^{-8}$ ,  $K_a(\text{HOBr}) = 2.4 \cdot 10^{-9}$ .

- א. איזו חומצה חזקה יותר?
- ב. האם HOI חלשה או חזקה יותר מהחומצה בתשובה לסעיף א?
- ג. עבור תמיסת NaOCl, בריכוז 1.2M, חשבו את:
  1. קבוע ההידרוליזה.
  2. דרגת ההידרוליזה.
  3. ה-pH של התמיסה.

22) נתונות 3 תמיסות של חומצות חד-פרוטיות שסומנו באופן שרירותי ב-X, Y, Z.

חומצה	ריכוז מולרי, M	pH
X	0.012	3.84
Y	0.024	3.84
Z	0.012	1.92

מהו הסדר הנכון של חוזק החומצות:

- א.  $X < Y < Z$
- ב.  $Y < X < Z$
- ג.  $Z < X < Y$
- ד.  $X = Y < Z$

**23** לסתירה מלאה של 68 גרם של בסיס מסוג  $X(OH)_3$ , נדרשו 600 מ"ל של תמיסת  $HNO_3$ , בריכוז 2 M. המסה המולרית של הבסיס היא:

א.  $170 \frac{g}{mol}$

ב.  $56.67 \frac{g}{mol}$

ג.  $18.88 \frac{g}{mol}$

ד.  $27.2 \frac{g}{mol}$

**24** נתונות שתי תמיסות שוות ריכוז,  $KX_{(aq)}$  ו- $KY_{(aq)}$ , כאשר X ו-Y נבחרו בשרירותיות, ונתון כי  $K_a(HX) = 1.2 \cdot 10^{-4}$  וכי  $K_a(HY) = 1.4 \cdot 10^{-6}$ . בחרו את המשפט הנכון:

- א. ה-pH של תמיסת KX גבוה מזה של KY, כי הבסיס  $Y^-$  חזק יותר.  
 ב. ה-pH של KX שווה ל-pH של KY, כי הן שוות ריכוז.  
 ג. ה-pH של KX גדול מה-pH של KY, כי חומצת HX היא חזקה יותר.  
 ד. ה-pH של KX נמוך מה-pH של KY, כי הבסיס  $Y^-$  חזק יותר.

## תשובות סופיות

- pH = 4.15, pOH = 9.85 (1)
- pH = 12.68, pOH = 1.32 (2)
- pH = 11.68,  $\alpha = 1.36\%$  (3)
- 0.97 (4)
- 0.015 M (5)
- pH = 2.58,  $K_a = 6.49 \cdot 10^{-5}$  (6)
- pH = 8.26,  $1.8 \cdot 10^{-6}$  (7)
- 5.86 (8)
- 0.8 (9)
- 5.32 (10)
- $[H_2CO_3] = 2.3 \cdot 10^{-8} M,$        $[OH^-] = [HCO_3^-] = 0.0028 M$  (11)  
 $[CO_3^{2-}] = 0.0427 M,$        $[H_3O^+] = 3.6 \cdot 10^{-12} M$
- 9.46 (12)
- 7.44 ב.      7.386 א. (13)
- 3.82 ב.       $233 \frac{g}{mol}$  א. (14)
- 8.72 ג.      25 מ"ל. ב.      4.56 א. (15)
- ד (16)
- ג (17)
- ד (18)
- ב (19)
- ד (20)
- $K_h = 0.345 \cdot 10^{-6},$  pH = 10.81,  $\alpha = 5.36 \cdot 10^{-4}$  ג.      ב. חלשה.      HOCl א. (21)
- ב (22)
- א (23)
- ד (24)

# הבסיס התאי

פרק 4 - כימיה - שיווי משקל כימי

תוכן העניינים

1. שיווי משקל כימי..... 35

## שיווי משקל כימי

## שאלות

1) תערובת המכילה  $\text{HCl}_{(g)}$ , בריכוז  $0.075 \text{ M}$  ו-  $\text{O}_{2(g)}$  בריכוז  $0.033 \text{ M}$ , חוממה לטמפרטורה של  $480^\circ\text{C}$  והגיעה לשיווי-משקל לפי המשוואה



בשיווי משקל, ריכוז הגז כלור ( $\text{Cl}_2$ ) הוא  $0.03 \text{ M}$ .

מהו ערכו של קבוע שיווי המשקל  $K_c$ ?

א.  $1.1 \cdot 10^{-3}$

ב. 889

ג. 0.13

ד. 480

2) נתונה ריאקציה בשיווי משקל:  $\text{CO}_{2(g)} + \text{C}_{(s)} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(g)}$   $\Delta H^0 = 173 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$

בחרו את הפעולה שתביא לעלייה בכמות הגז  $\text{CO}_2$  בשיווי משקל:

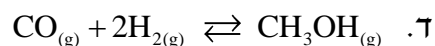
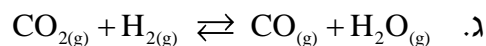
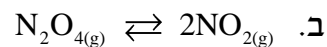
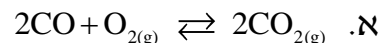
א. דחיסת המערכת והורדת הטמפרטורה.

ב. הוספת פחמן מוצק תוך כדי חימום.

ג. הורדת הלחץ תוך כדי הגדלת הנפח.

ד. הוספה של  $\text{Ne}_{(g)}$  והעלאת הלחץ הכללי.

3) באיזו תגובה הגדלת נפח הכלי מסיטה את התגובה לכיוון התוצרים?



4) נתונה תגובת שיווי משקל:  $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$   $\Delta H^0 = 180.8 \text{ kJ}$   
 בטמפרטורה של 298 K ערכו של קבוע שיווי המשקל הוא 0.01, וזמן השגת שיווי משקל בטמפרטורה זו הוא 452 שניות. נבצע את התגובה בכלי שנפחו 5.0 ליטר ובטמפרטורה של 250 K.

מהו המשפט הנכון:

- עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- $\Delta H^0$  עשוי לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.
- K עשוי לקטון וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתארך.
- K ו- $\Delta H^0$  עשויים לגדול וזמן השגת שיווי המשקל עשוי להתקצר.

5) נתונה תגובת שיווי משקל  $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$  עבורה ב- $T_1$ ,  $K_p = 0.15$ .

לכלי התגובה, שנפחו 12.5 ליטר ושנמצא ב- $T_1$ , הוזרמו שלושת הגזים.

בתחילת התגובה הלחץ החלקי של  $SO_{3(g)}$  שווה ל-1.2 בר, הלחץ החלקי של

$O_{2(g)}$  שווה ל-0.6 בר והלחץ החלקי של  $SO_{2(g)}$  שווה ל-1.2 בר.

מהו המשפט הנכון לגבי המערכת במצב של שיווי משקל:

- הלחץ החלקי של  $SO_{3(g)}$  קטן מ-1.2 בר.
- הלחץ החלקי של  $SO_{2(g)}$  גדול מ-1.2 בר.
- הלחץ החלקי של  $O_{2(g)}$  גדול מ-0.6 בר.
- הלחץ הכללי בכלי התגובה קטן מ-3.0 בר.

6) לכלי התגובה, שנפחו 3.00 ליטר ומוחזק בטמפרטורה של 550 K, הוכנסו 20.0

גרם של  $PCl_5$  גזי. תוך מספר דקות המערכת הגיעה למצב של שיווי משקל.

בתנאים אלה הלחץ שווה ל-2.77 bar. כמו כן,  $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$ .

א. 1. חשבו את הלחץ החלקי (ביחידות bar) של כל מרכיבי המערכת במצב של שיווי המשקל.

2. חשבו את אחוז הפירוק של  $PCl_5$  בתנאים אלה.

3. חשבו את ה- $K_p$  בטמפרטורה של 550 K.

ב. אם נבצע את התגובה בטמפרטורה של 400 K (כאשר כל מרכיבי

המערכת במצב גזי), האם אחוז הפירוק של  $PCl_5$  יהיה קטן, גדול יותר

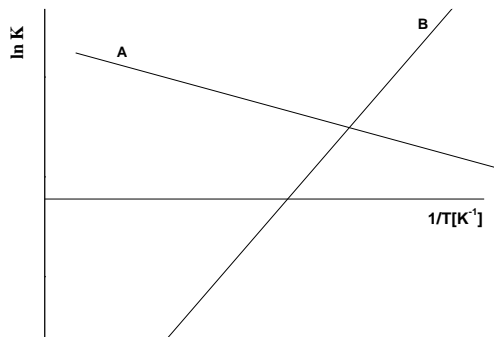
או שווה לזה שחושב בסעיף א. 2? נתון גם שבעת התהליך הישיר הכלי

מתחמם. נמקו ללא חישובים.

7) לתגובה  $2A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} + 3C_{(g)}$  בטמפרטורת החדר  $K_c = 2.5$ . לכלי התגובה בטמפרטורת החדר הוכנסו שלושת הגזים בריכוז  $2.5 M$  כל אחד. מהו המשפט הנכון:

- עד השגת שיווי המשקל ריכוזו של C ירד.
- עד השגת שיווי המשקל ריכוזו של A ירד.
- ריכוז כל מרכיבי התגובה לא ישתנה, כי המערכת נמצאת בשיווי משקל.
- אי אפשר לדעת כי לא נתון נפח הכלי.

8) שתי העקומות להלן מתארות את  $\ln K$  כפונקציה של  $\frac{1}{T}$ :



נתונות שלוש תגובות:

- $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \quad \Delta H^0 < 0$
- $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)} \quad \Delta H^0 < 0$
- $2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H^0 > 0$

איזו תגובה מתאימה לאיזה עקום, אם נתון שבתגובות שמתאימות לעקומות הגדלת הנפח גורמת להגדלת כמות התוצרים:

- $A = 3, B = 1$
- $A = 3, B = 2$
- $A = 1, B = 2$
- $A = 2, B = 1$

9) לכלי סגור, בנפח 6.0 ליטר ובטמפרטורה של 380 K, הוכנסו גז  $\text{NO}_2$  ו-  $\text{N}_2\text{O}_4$ . הלחץ ההתחלתי של  $\text{N}_2\text{O}_4$  שווה ל-1.30 bar ושל  $\text{NO}_2$  0.08 bar. בין הגזים מתקיימת תגובת שיווי המשקל  $2\text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_{4(g)}$ . במהלך התגובה בוצע מעקב אחר הלחץ הכללי ששרר במיכל:

זמן (דקות)	0	1.0	2.0	3.5	6	12
לחץ (bar)	1.38	1.68	1.88	2.04	2.14	2.14

- האם מסה של  $\text{N}_2\text{O}_4$  עלתה או ירדה במהלך התגובה. נמקו.
  - חשבו את הלחצים החלקיים של  $\text{N}_2\text{O}_4$  ושל  $\text{NO}_2$  בזמן  $t = 2 \text{ min}$ .
- חשבו את הלחצים החלקיים של הגזים **במצב שיווי משקל**.
    - רשמו ביטוי לקבוע שיווי המשקל לפי הלחצים, וחשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הלחצים בתנאים אלה.
    - בדקה ה-14 הכלי חומם, וכתוצאה מכך, ריכוז ה- $\text{NO}_2$  עלה. האם התהליך הישיר הוא אקסותרמי או אנדותרמי? נמקו.
    - האם זמן השגת שיווי המשקל החדש קצר, ארוך יותר, או שווה לזה שהיה? נמקו.

10) בתגובת שיווי המשקל  $2\text{A}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{B}_{(g)} + \text{C}_{(g)}$ , הוכנסו לכלי התגובה, שנפחו 4.0 ליטר, 0.2 מול של A. במהלך התגובה עקבו אחרי ריכוזו של A וחושב ה-Q. תוצאות הניסוי מובאות בטבלה הבאה:

זמן (דקות)	5	10	15	20	25
Q	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$1.77 \cdot 10^{-2}$	$1.35 \cdot 10^{-1}$	1.28	1.28

- נתונות מספר קביעות:
- בין הדקות 15-20 הלחץ בכלי התגובה עלה.
  - בין הדקות 20-25 הלחץ בכלי נשאר קבוע.
  - המערכת הגיע לשיווי משקל בין הדקות 20-25.
- מהי הקביעה הלא נכונה:
- 1 בלבד.
  - 3 בלבד.
  - 2 ו-3.
  - 1 ו-3.

**11** נתונה תגובת שיווי המשקל  $\text{SbCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{SbCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$ , כאשר  $K_c(T = 520\text{K}) = 0.025$ .

לתוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של 520 K, הכניסו 2.0 מול של  $\text{SbCl}_{3(g)}$ , 3.0 מול של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ו-5.0 מול של  $\text{Cl}_{2(g)}$ .

א. האם מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל הריכוז של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  גדל, קטן או נשאר ללא שינוי? נמקו.

ב. מהם הריכוזים של כל מרכיבי המערכת במצב שיווי משקל?

ג. תגובת שיווי המשקל  $\text{SbCl}_{5(g)} \rightleftharpoons \text{SbCl}_{3(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$  נחקרה בטמפרטורה

של 500 K. לתוך כלי ריק, בנפח 100 ליטר ושמוחזק בטמפרטורה של 500 K הוכנסו 2.0 מול של  $\text{SbCl}_{3(g)}$ , 3.0 מול של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ו-5.0 מול של  $\text{Cl}_{2(g)}$ . אחרי זמן מסוים המערכת הגיעה למצב של שיווי משקל.

במצב זה, הריכוז של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  היה 0.028 M.

האם תגובת פירוק של  $\text{SbCl}_{5(g)}$  ל- $\text{SbCl}_{3(g)}$  ול- $\text{Cl}_{2(g)}$  היא אנדותרמית או אקסותרמית? נמקו.

**12** שני מכלים נמצאים בטמפרטורה של  $450^\circ\text{C}$ . בראשון, שנפחו 5 ליטר, קיים שיווי המשקל  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ . הלחצים החלקיים שנמדדו בו הם:

$$P_{\text{N}_2} = 11.85 \text{ bar}, P_{\text{H}_2} = 23.70 \text{ bar}, P_{\text{NH}_3} = 35.55 \text{ bar}$$

המיכל השני, שנפחו 1 ליטר, מכיל רק 1 מול מימן.

כמה גרם חנקן צריך להוסיף למיכל זה, כדי שבשיווי המשקל 60% מהמימן יהפכו לאמוניה ( $\text{NH}_3$ ) כשהטמפרטורה נשארת קבועה וזהה בשני המכלים?

**13** לכלי התגובה הוכנסו 0.16 מולים של A ו-0.16 מולים של B, ואחרי 18.5 דקות המערכת הגיעה למצב של שיווי המשקל. במצב זה נמצאים בכלי 0.12 מולים של A, 0.08 מולים של B ו-0.12 מולים של C.

מהו הביטוי המתאים ביותר שמבטא את קבוע שיווי המשקל:

א. 
$$K = \frac{P_C}{P_A \cdot (P_B)^2}$$

ב. 
$$K = \frac{(P_C)^2}{P_A \cdot P_B}$$

ג. 
$$K = \frac{(P_C)^3}{P_A \cdot (P_B)^2}$$

ד. 
$$K = \frac{(P_C)^3}{(P_A)^2 \cdot P_B}$$

- 14) נתונה תגובה שהסתיימה בשיווי המשקל  $A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons 3C_{(g)}$ ,  $\Delta H^0 < 0$ . לכלי שנפחו 15 ליטר הוכנסו A ו-B בלבד. נתון שבזמן אפס הריכוז של B היה 0.20M, והריכוז של A היה 0.10M. נתונות חמש קביעות עבור תגובה זו:
1. במצב של שיווי משקל הריכוז של C שווה ל-0.3 M.
  2. בתגובה זו, המעקב אחר השתנות הלחץ הכללי מאפשר לקבוע האם התגובה הגיעה למצב של שיווי משקל.
  3. אם במצב של שיווי משקל מגדילים את נפח הכלי ל-30 ליטר, הריכוז של C בזמן השינוי יקטן פי 2, ואחר כך יגדל עד השגת שיווי המשקל החדש.
  4. אם במצב של שיווי משקל מגדילים את נפח הכלי ל-30 ליטר, מספר המולים של C במצב שיווי המשקל החדש יהיה גדול מזה שבמצב שיווי המשקל לפני הגדלת הנפח.
  5. חימום יגרום להגדלת קבוע שיווי המשקל. מהן הקביעות הלא נכונות:
    - א. 1, 2 ו-3.
    - ב. 1, 3 ו-4.
    - ג. 2, 3 ו-4.
    - ד. אף קביעה אינה נכונה.
- 15) הבשלושת הניסויים הבאים התרחשה התגובה  $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$
- ניסוי 1:** לכלי שנפחו 1 ליטר, המוחזק בטמפרטורה של 300 K, הכניסו תערובת של הגזים  $SO_2$  ו- $O_2$  בלבד. לאחר 10 דקות נמצא שריכוזי החומרים בכלי אינם משתנים עוד והם:  $SO_{3(g)}: 0.6M$ ,  $O_{2(g)}: 0.2M$ ,  $SO_{2(g)}: 0.4M$ .
- א. מהם הריכוזים ההתחלתיים של הגזים שהוכנסו לכלי?
  - ב. חשבו את ה- $K_c$  בטמפ' 300 K.
  - ג. האם הלחץ בכלי עלה, ירד או נשאר ללא שינוי מתחילת התגובה ועד השגת מצב שיווי משקל?
- ניסוי 2:** לכלי התגובה שנפחו 1 ליטר, המוחזק גם הוא בטמפרטורה של 300 K, הכניסו תערובת של אותם גזים כמו בניסוי הראשון. כעבור זמן מה בדקו את הרכב הגזים ונמצאו בכלי  $SO_{3(g)}: 0.3M$ ,  $O_{2(g)}: 0.1M$ ,  $SO_{2(g)}: 0.4M$ .
- ד. האם ברגע הבדיקה המערכת נוטה ליצור תוצרים, מגיבים, או נמצאת בשיווי משקל?
- ניסוי 3:** לכלי שנפחו 1 ליטר הוכנסו אותם מספרי מולים של הגזים  $SO_{2(g)}$  ו- $O_{2(g)}$  כמו בניסוי 1, אולם הושג שיווי משקל בזמן קצר יותר, ונמצא שריכוז  $SO_{2(g)}$  במצב שיווי המשקל היה גבוה מזה שבניסוי מספר 1.
- ה. האם התגובה הישירה היא אקסותרמית או אנדותרמית?

16) סטודנטית מכניסה לגליל גז A ב-10 אטמוספירות וב-25°C. כתוצאה מכך, בגליל מתרחשת התגובה הבאה, שמסתיימת בהיווצרות מצב של שיווי משקל:

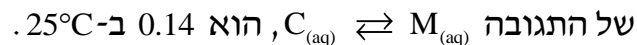


. במצב זה הלחץ הכללי במערכת שווה ל-15.76 אטמ.

א. חשבו את ה- $K_p$  עבור תגובה זו בטמפרטורה הנתונה.

ב. חשבו את ה- $K_c$  עבור תגובה זו בטמפרטורה הנתונה.

17) ציקלוהקסאן (C) ומתיל ציקלופנטאן (M) הם איזומרים. קבוע שיווי המשקל



של התגובה הוא 0.14 ב-25°C.

א. חוקרת מכינה תמיסה של  $C_{(aq)}$  0.02M ו- $M_{(aq)}$  0.1M. האם המערכת

נמצאת בשיווי משקל? אם לא, האם ייווצרו עוד מגיבים או תוצרים?

ב. מהם ריכוזי ה-C וה-M בשיווי המשקל?

ג. המערכת חוממה במצב שיווי משקל ל-50°C. כעבור זמן-מה המערכת

חזרה לשיווי המשקל שבו הריכוז של C שווה ל-0.1M.

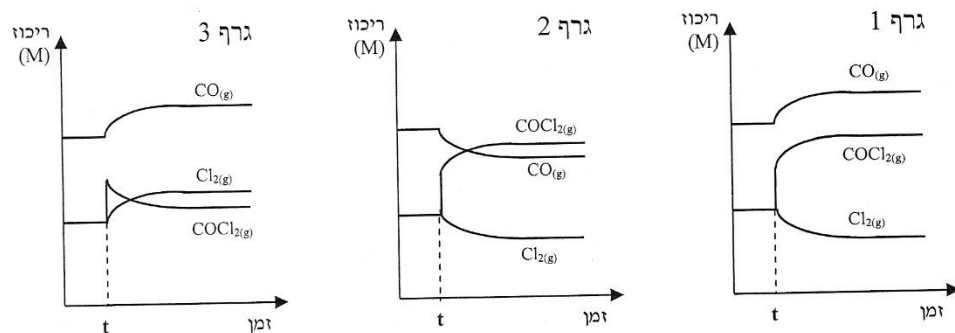
חשבו את קבוע שיווי המשקל החדש.

ד. האם התגובה הישירה היא אקסותרמית או אנדותרמית?

18) נתונה מערכת שנמצאת בשיווי משקל  $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$ .

בזמן  $t$  מעלים את הריכוז של  $COCl_{2(g)}$  ללא שינוי ביתר הפרמטרים.

איזה מהגרפים הבאים מתאר נכון את התנהגות המערכת בעקבות ההפרעה:



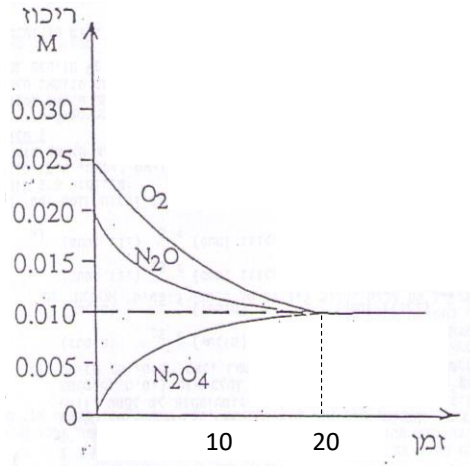
א. גרף 1.

ב. גרף 2.

ג. גרף 3.

ד. גרפים 1 ו-3.

- 19) לכלי שנפחו 5.0 ליטר, המוחזק בטמפרטורה 380 K, הוכנסו  $\text{N}_2\text{O}_{(g)}$  ו-  $\text{O}_{2(g)}$ . הגרף שלהלן מתאר את השינויים בריכוזי החומרים (ביחידות מול לליטר) ביחס לזמן (בדקות):

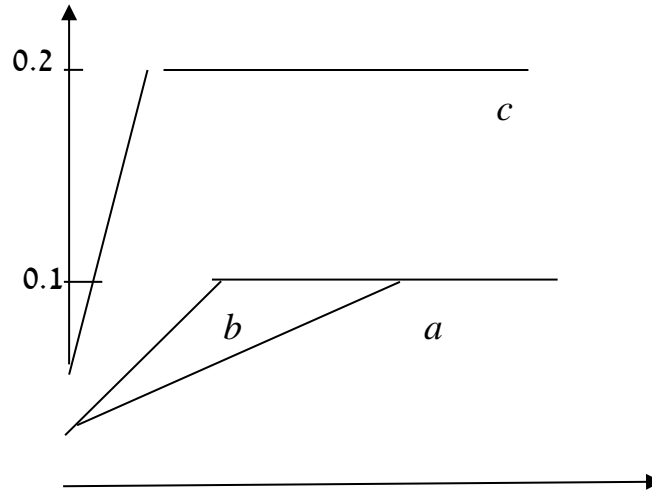


- רשמו את התגובה המתרחשת בכלי התגובה.
- חשבו את ערכו של קבוע שיווי המשקל לפי הריכוזים.
- האם הלחץ הכללי במערכת מרגע הכנסת החומרים ועד השגת שיווי המשקל יגדל, יקטן או לא ישתנה? נמקו.
- ברגע מסוים חיברו למערכת זו כלי נוסף, שנפחו 5 ליטר והוא נשמר בטמפרטורה של 380 K, ובו נמצא חמצן בריכוז של 0.01 M. תארו באופן גרפי את השתנות הלחץ החלקי של החמצן ושל  $\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  במשך 30 דקות מרגע החיבור של הכלי הנוסף. נמקו.



ונתונים שלושה כלים  $a$ ,  $b$  ו- $c$ . נפחו של כל כלי 1 ליטר, ולכל כלי הכניסו 0.2 מול  $\text{H}_2(\text{g})$  ו-0.2 מול  $\text{CO}_2(\text{g})$ . להלן תיאור גרפי של השתנות הריכוז של  $\text{CO}(\text{g})$  עם הזמן, המתאים לכל אחת מהמערכות  $a$ ,  $b$  ו- $c$ .

ריכוז  $\text{CO}(\text{M})$



זמן (דקות)

- א. חשבו את ערכו של  $K$  עבור המערכת  $a$ .
- ב. במה שונה מערכת  $a$ 
  1. ממערכת  $b$ ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
  2. ממערכת  $c$ ? הסבירו מהו הגורם להבדל.
- ג. האם התגובה משמאל לימין היא אקסותרמית או אנדותרמית? נמקו.

## תשובות סופיות

- (1) ב
- (2) א
- (3) ב
- (4) ג
- (5) ד
- (6) א.  $P(\text{PCl}_5) = 0.15 \text{ bar}$ ;  $P(\text{PCl}_3) = P(\text{Cl}_2) = 1.31 \text{ bar}$   
 2. 89.73% 3. 11.44 ב. יגדל.  
 (7) א
- (8) ב
- (9) א.1. ירדה. 2.  $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.8 \text{ bar}$ ;  $P(\text{NO}_2) = 1.08 \text{ bar}$   
 1.ב.  $P(\text{N}_2\text{O}_4) = 0.54 \text{ bar}$ ;  $P(\text{NO}_2) = 1.6 \text{ bar}$  2. 0.21  
 ג.1. אקסותרמי. 2. קצר.  
 (10) ב
- (11) א. תגדל.  
 ב.  $C(\text{SbCl}_5) = 0.033 \text{ M}$ ;  $C(\text{Cl}_2) = 0.047 \text{ M}$ ;  $C(\text{SbCl}_3) = 0.017 \text{ M}$   
 ג. אקסותרמי.  
 (12) 8.03 גרם.  
 (13) ג
- (14) ד
- (15) א.  $C(\text{SO}_2) = 1 \text{ M}$ ;  $C(\text{O}_2) = 0.5 \text{ M}$  ב. 11.25 ג. ירד  
 ד. נוטה ליצור תוצרים ה. אנדותרמי.
- (16) א. 78.12 ב.  $2.198 \cdot 10^{-4}$
- (17) א. מגיבים. ב.  $[C] = 0.105 \text{ M}$ ;  $[M] = 0.015 \text{ M}$   
 ג. 0.2 ד. אנדותרמי.  
 (18) ג
- (19) א.  $3\text{O}_{2(g)} + 2\text{N}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_{4(g)}$  ב.  $10^6$  ג. הלחץ יקטן.  
 ד. הלחץ של  $\text{N}_2\text{O}_4$  ירד ונשאר קבוע; הלחץ של החמצן לא השתנה.
- (20) א. 1 ב. בכלי b היה זרז. 2. בכלי c הטמפרטורה גבוהה יותר.  
 ג. אנדותרמי.

# הבסיס התאי

פרק 5 - כימיה - שיווי משקל בתהליך שיקוע

תוכן העניינים

1. שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני..... 45

## שיווי משקל בתגובת שיקוע של חומר יוני

### שאלות

- 1) ענו על הסעיפים הבאים:
- א. המסיסות של המלח  $Pb_3(PO_4)_2$  היא  $1.1 \cdot 10^{-5}$  גרם ב-100 גרם מים, בטמפרטורה של  $20^\circ C$ .  
חשבו את ה- $K_{sp}$  של  $Pb_3(PO_4)_2$ .
- ב. להלן שתי תמיסות רוויות, האחת ב- $CuS$  והשנייה ב- $Fe_2S_3$ .  
באיזו מהן ריכוז ה- $S^{2-}$  נמוך יותר?  
נתון כי  $K_{sp}(Fe_2S_3) = 1.0 \cdot 10^{-88}$ ;  $K_{sp}(CuS) = 8.0 \cdot 10^{-36}$ .
- 2) כמה גרם של  $La(IO_3)_3$  ניתן להמיס ב:
- א. 250 מ"ל מים?  
ב. 250 מ"ל תמיסת  $LiIO_3$  בריכוז של 0.05 M?  
נתון כי  $K_{sp}(La(IO_3)_3) = 1.0 \cdot 10^{-11}$ .
- 3) הוסיפו תמיסה מרוכזת של  $KIO_3$ , במנות קטנות, לתמיסה של  $Ba^{2+}$  בריכוז 0.05 M, ו- $Ag^+$  ב-0.04 M.  
א. איזה יון ישקע קודם?  
נתון כי  $K_{sp}(Ba(IO_3)_2) = 10^{-9}$ ;  $K_{sp}(AgIO_3) = 10^{-11}$ .  
ב. מה יהיה ריכוז יון זה בתמיסה, כאשר היון השני עומד לשקוע?
- 4) נתונה תמיסת מלח קשה-תמס  $Ba(IO_3)_2$ , כאשר ריכוז היון השלילי בתמיסה הוא  $1.26 \cdot 10^{-3} M$ .  
א. חשבו את ה- $K_{sp}$  עבור  $Ba(IO_3)_2$ .  
ב. חשבו את מסיסותו של  $Ba(IO_3)_2$  בתמיסה של  $NaIO_3$  בריכוז 0.01 M.

- 5) להלן תמיסה המכילה יוני  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  ו-  $\text{CrO}_4^{2-}$ , כאשר ריכוז כל יון הוא  $0.1\text{M}$ , שהוסיפו לה בהדרגה תמיסת  $\text{AgNO}_3$ . איזה משקע יופיע ראשון, ובאיזה סדר יופיעו שאר המשקעים?  
 נתון כי  $K_{sp}(\text{AgI}) = 8.3 \cdot 10^{-17}$ ;  $K_{sp}(\text{AgBr}) = 5 \cdot 10^{-13}$   
 $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$ ;  $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 1.2 \cdot 10^{-12}$
- 6) הוסיפו  $0.5$  ליטר של תמיסת  $\text{TiNO}_3$ , בריכוז  $2.8 \cdot 10^{-4}\text{M}$ , ל- $0.5$  ליטר תמיסת  $\text{KI}$  בריכוז זהה. נתון כי  $K_{sp}(\text{TiI}) = 4 \cdot 10^{-8}$ . האם יופיע משקע?
- 7) ריכוז יוני  $\text{Ag}^+$  בתמיסה מסוימת הוא  $4 \cdot 10^{-3}$ . נתון כי  $K_{sp}(\text{AgCl}) = 1.8 \cdot 10^{-10}$ . חשבו את הריכוז המקסימלי של יוני כלור שניתן להוסיף, עד ש-  $\text{AgCl}_{(s)}$  יחל לשקוע.
- 8) נתון חומר יוני קשה-תמס  $\text{CH}_3\text{COOAg}$  ( $K_{sp} = 5.2 \cdot 10^{-3}$ ).  
 א. חשבו את מסיסותו במים. פרטו את החישובים.  
 ב. נתונים החומרים  $\text{AgNO}_{3(s)}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$ ,  $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$ ,  $\text{KNO}_{3(s)}$ . התייחסו לכל אחד מהחומרים הללו, וציינו את החומר שיגרום להגדלת המסיסות של  $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$ . נמקו.  
 נתון כי  $K_{sp}(\text{Ag}_2\text{S}) = 5.7 \cdot 10^{-51}$ .
- 9) תנאי לאי-היווצרות משקע הוא:  
 א. להשתמש במומס שהוא חומר יוני קל-תמס.  
 ב. כשמנת הריכוזים של היונים ( $Q$ ) שווה ל-  $K_{sp}$ .  
 ג. כשמנת הריכוזים של היונים ( $Q$ ) נמוכה מ-  $K_{sp}$ .  
 ד. כשמנת הריכוזים של היונים ( $Q$ ) גבוהה מ-  $K_{sp}$ .
- 10) נוכחות של יון משותף בתמיסה,  
 א. מגדילה את מסיסות המשקע.  
 ב. לא משפיעה על מסיסות המשקע.  
 ג. מקטינה את מסיסות המשקע.  
 ד. גורמת להיווצרות שני משקעים.

**11** ל-  $\text{AgOH}_{(s)}$  ( $K_{sp} = 2.50 \cdot 10^{-16}$ ) הוכנסה תמיסה רוויה של  $\text{AgOH}_{(aq)}$ .  
מהו ערך ה- pH של התמיסה שנוצרה בתנאי החדר?  
(יש להתחשב ביוני  $\text{OH}^-$ , שמקורם במסיסות החלקית של המשקע)

**12** ניתן להשפיע על מסיסות המשקע על ידי

- א. הוספת מים.
- ב. הגדלת הטמפרטורה.
- ג. הקטנת הטמפרטורה.
- ד. כל התשובות נכונות.

## תשובות סופיות

- (1) א.  $K_{sp} = 502.48 \cdot 10^{-35}$  ב. CuS
- (2) א. 0.13 g ב.  $1.328 \cdot 10^{-5} \text{ g}$
- (3) א.  $\text{Ag}^+$  ב.  $0.71 \cdot 10^{-6} \text{ M}$
- (4) א.  $10^{-9}$  ב.  $10^{-5} \text{ M}$
- (5) AgI, ואחריו AgBr, AgCl, ואז  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .
- (6) לא.
- (7)  $> 0.45 \cdot 10^{-7} \text{ M}$
- (8) א. 0.0072 M ב.  $\text{K}_2\text{S}_{(2)}$
- (9) ג
- (10) ג
- (11) 7.01
- (12) ד

# הבסיס התאי

פרק 6 - הקדמה מתמטית לחלק של הפיזיקה

תוכן העניינים

49	1. 0. פונקציות טריגונומטריות.....
53	2. 1. משוואת הקו הישר.....
54	3. 2. הפרבולה.....

## פונקציות טריגונומטריות:

רקע

במשולש ישר זווית:

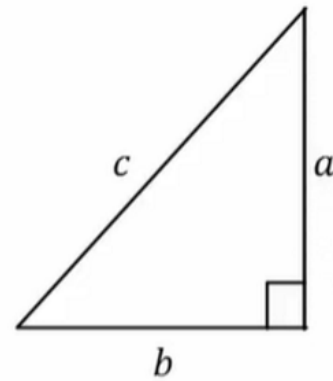
$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \frac{\text{ניצב שמול}}{\text{יתר}}$$

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

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

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

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



משפט פיתגורס:

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

## זהויות:

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

ערכים ששווה לזכור:

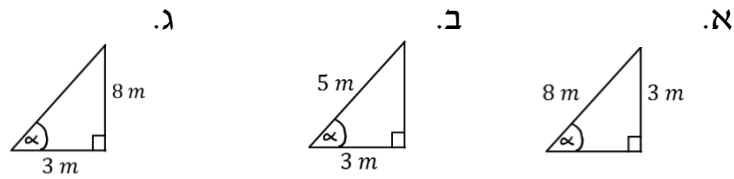
הזווית להפונקציה	$0^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

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

**שאלות:**

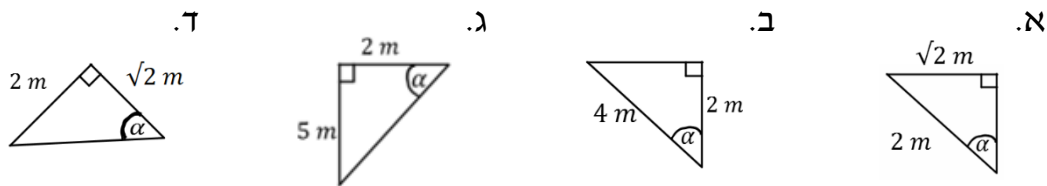
**(1) חישוב אלפא**

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



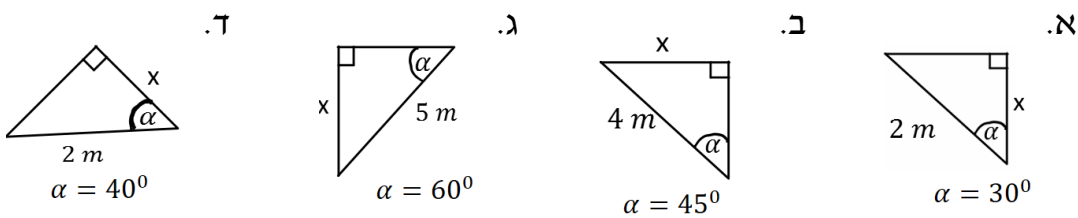
**(2) משולשים שמסורטטים אחרת**

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



**(3) מציאת ניצבים**

חשב את  $x$  במקרים הבאים:



## תשובות סופיות:

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

## משוואת הקו הישר:

רקע:

משוואת הקו הישר:

$$y = mx + n$$

$m$  - שיפוע

$n$  - נקודת חיתוך עם ציר ה- $y$ .

$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan \alpha$  כאשר  $\alpha$  היא הזווית של הישר עם ציר ה- $x$ .

מכפלת השיפועים של שני ישרים מאונכים היא  $-1$ .

מרחק בין שתי נקודות:

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

שאלות:

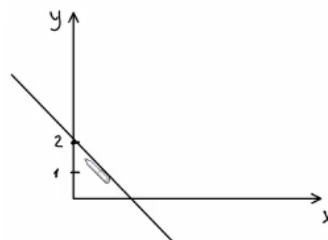
(1) משוואת הישר משתי נקודות

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

תשובות סופיות:

(1) א.  $y = -x + 2$

ב.



## הפרבולה:

רקע:

משוואת הפרבולה:

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

נוסחת השורשים:

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

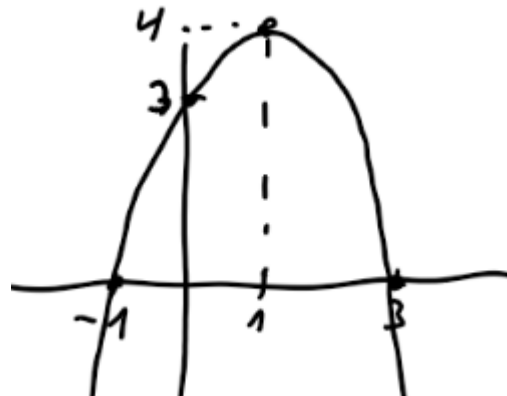
שאלות:

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

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

תשובות סופיות:

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



# הבסיס התאי

פרק 7 - פיזיקה - מבוא

תוכן העניינים

1. צורת כתיבה ורמת דיוק	(ללא ספר)
2. יחידות פיזיקאליות	55
3. מעברים בין יחידות	56
4. צפיפות	58
5. הערכת סדרי גודל	60
6. תרגילים	61

## יחידות פיזיקאליות:

### רקע

חוקי חזקות:

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

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

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

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

### שאלות:

#### (1) תרגיל

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

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

א.  $\frac{A}{B} + CA$

ב.  $\frac{AC}{B} + D$

ג.  $\frac{C}{D}A + B$

### תשובות סופיות:

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

## מעברים בין יחידות:

### נוסחאות:

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

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

$$1liter=1000cm^3 \quad \text{ליטר :}$$

$$1קוב = 1000m^3 = 1000liter$$

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

### שאלות:

(1) דוגמה 1 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

$$\text{נתון : } A = 2km , B = 10gr$$

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

(2) דוגמה 2 - מעברים של יחידות לא בסיסיות

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

חשב את הגדלים הבאים ביחידות של m.k.s :

$$D = 2 \cdot A \quad \text{א.}$$

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

(3) מעבר יחידות בחזקות

מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:

$$A = 1m^2 \quad \text{א.}$$

$$B = 1m^3 \quad \text{ב.}$$

(4) סנטימטר בשלישית

הבע את הערכים הנ"ל ביחידות של  $c.m^3$ .

- א.  $5 \cdot 2m^3$   
 ב.  $320mm^3$   
 ג.  $0.0054km^3$

**(5) ליטר - דוגמה**

הבע את הגדלים הבאים ב-liter.

- א.  $5m^3$   
 ב.  $5mm^3$

**תשובות סופיות:**

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

## צפיפות:

### רקע

$$\rho = \frac{M}{V} : \text{צפיפות נפחית}$$

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

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

$V, S, l$  הם נפח שטח ואורך הגוף בהתאמה

### שאלות:

#### 1) דיסקה עם חור

- א. מצא את הצפיפות של דיסקה בעלת רדיוס  $R$  ומסה  $M$ .
- ב. בדיסקה קדחו חור ברדיוס  $r$ .  
מצא את המסה שהוצאה מהדיסקה.

**תשובות סופיות:**

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

## הערכת סדרי גודל:

שאלות:

(1) נשימות

הערך את מספר הנשימות של אדם בחייו.

תשובות סופיות:

(1)  $N = 10^9$

## תרגילים:

### שאלות:

#### (1) מסע של האור

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

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

ב. כמה זמן ייקח לאור לעבור בין שתי גלקסיות שהמרחק ביניהם

הוא:  $2 \cdot 10^{19} \text{ m}$  ?

#### (2) צפיפות אטום המימן

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

#### (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:  $2 \text{ cm}$ .

#### (4) אטומים בגרגיר חול

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

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

#### (5) כדורי פינגפונג בחדר

הערך כמה כדורי פינגפונג ניתן לדחוס בחדר ממוצע

**תשובות סופיות:**

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

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

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

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

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

## הבסיס התאי

פרק 8 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר

תוכן העניינים

63	1. העתק.....
65	2. תנועה במהירות קבועה.....
70	3. מהירות ממוצעת.....
72	4. תאוצה.....
77	5. תרגול.....
83	6. מהירות רגעית ותאוצה רגעית.....
85	7. מהירות רגעית ותאוצה רגעית - אינטגרלים.....

## העתק:

### רקע

תנועה בקו ישר - תנועה על ציר אחד.

כאשר מגדירים ציר, צריך:

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

העתק - השינוי במיקום הגוף

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

העתק שלילי - תנועה בכיוון הפוך לכיוון החיובי של הציר

דרך - אורך כל המסלול שעשה הגוף, סימון באות S

### שאלות:

#### (1) כדור

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

#### (2) דני ודנה

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

#### (3) העתק ודרך

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

**תשובות סופיות:**

(1)  $-3\text{m}$

(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:

### רקע

מהירות קבועה או ממוצעת:

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

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

המיקום כתלות בזמן במהירות קבועה:

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

גרפים:

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

גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.

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

השטח החיובי מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

### שאלות:

#### (1) יוסי מאחר לשיעור

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

#### (2) מיקומו של גוף

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

#### (3) תנועה ביחס ל-A

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

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

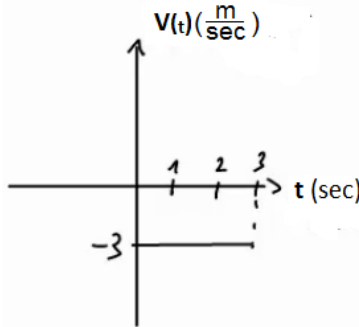
**(4) גוף חולף דרך שתי נקודות**

- גוף נע במהירות קבועה לאורך קו ישר, ברגע  $t = 2\text{sec}$  מיקומו הוא  $x = 2\text{m}$ ,  
 וברגע  $t = 6\text{sec}$  הוא חולף בנקודה 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**

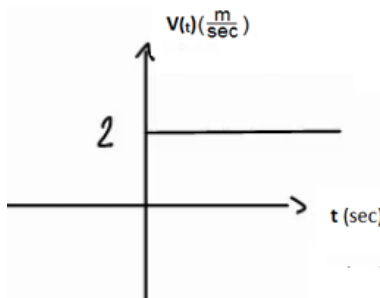
- גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה  $6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ . ברגע  $t = 0$  מיקום הגוף הוא:  $x = 50\text{m}$ .  
 בחר את כיוון ציר ה- $x$  ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.  
 א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?  
 ב. היכן נמצא הגוף ב-  $t = 2\text{sec}$  וב-  $t = 3\text{sec}$ ?  
 ג. מתי יהיה הגוף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

**(6) מהירות שלילית**



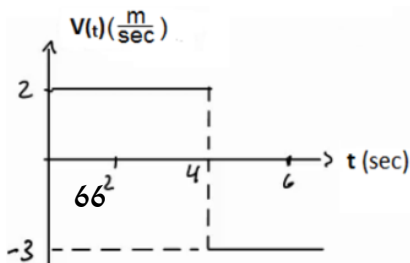
- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.  
 א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים  $t = 1\text{sec}$  ל-  $t = 3\text{sec}$ .  
 ב. מצא נוסחה למיקום, כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב-  $t = 0$  מיקומו היה  $x = 2\text{m}$ .  
 ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

**(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.
- א. שרטט גרף מקום-זמן של תנועת המכונית.  
איזה גודל פיסיקלי מייצגים שיפועי הישרים?  
ב. רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.  
ג. שרטט גרף מהירות-זמן.

### 11) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

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

## תשובות סופיות:

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

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

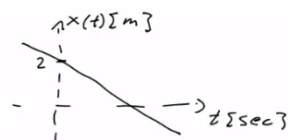
$$t = 40 \text{ sec} \quad \text{ב.} \quad x(t=2) = 10 \text{ m}, \quad x(t=8) = 40 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (3)$$

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

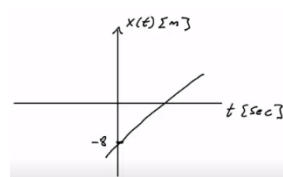
$$x(t=2) = 38 \text{ m}, \quad x(t=3) = 32 \text{ m} \quad \text{ב.} \quad x(t) = 50 - 6t \quad \text{א.} \quad (5)$$

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

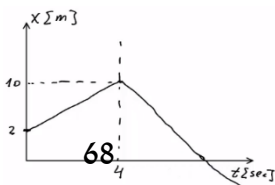
$$\text{ג.} \quad x(t) = 2 - 3t \quad \text{ב.} \quad S = -6 \text{ m} \quad \text{א.} \quad (6)$$



$$\text{ב.} \quad x(t) = -8 + 2t \quad \text{א.} \quad (7)$$



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

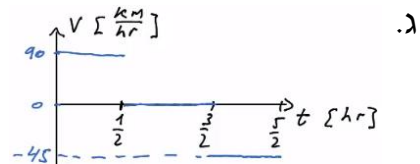
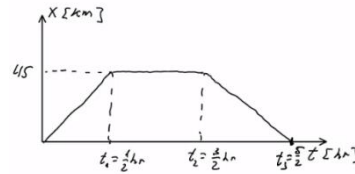


9) א. חולפות ב-  $t = 10 \text{ sec}$ , ומיקומן הוא  $x_{a,b}(t = 10) = 60 \text{ m}$ .

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

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

10) א. השיפועים מייצגים מהירות.



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

ד.  $x = 160 \text{ km}$ ;  $t = 2 \text{ hr}$

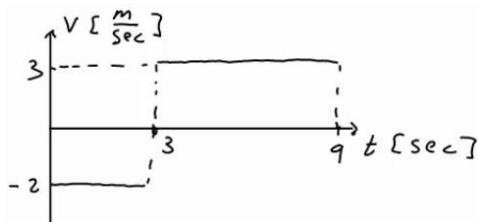
ב.  $x(t) = 80t$     ג.  $x(t) = 340 + (-120)\left(t - \frac{1}{2}\right)$

## 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.

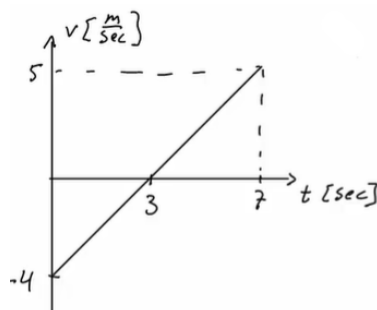
א. מצא את המהירות הממוצעת של אורי (velocity).

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:**

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

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

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

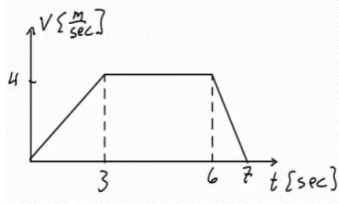
$$2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \bar{v} = \frac{4}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}}, |\bar{v}| = \frac{16}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (4)$$

## תאוצה:

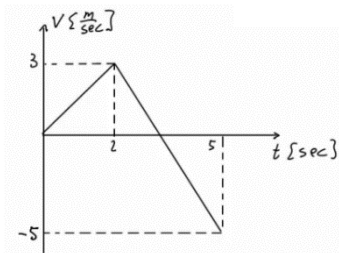
### שאלות:

- (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 70 קמ"ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ"ש.  
 מהי תאוצת המשאית?
- (3) אופנוע מאיץ ממנוחה**  
 אופנוע מתחיל את נסיעתו ממנוחה, בתאוצה של 2 מטר לשנייה בריבוע.  
 א. מצא את נוסחת מהירות-זמן עבור האופנוע.  
 ב. מה תהיה מהירותו לאחר 7 שניות?  
 ג. מתי תהיה מהירותו 20 מטר לשנייה?
- (4) אופנוע מאיץ אחרי מכונית**  
 מכונית נוסעת במהירות קבועה של 20 מטר לשנייה.  
 ברגע מסוים מתחילה המכונית להאיץ בתאוצה קבועה של 2 מטר לשנייה בריבוע.  
 אופנוע מתחיל את תנועתו שנייה לאחר המכונית ומאיץ בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע, ממנוחה.  
 מתי תהיה מהירות האופנוע שווה למהירות המכונית?
- (5) 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**

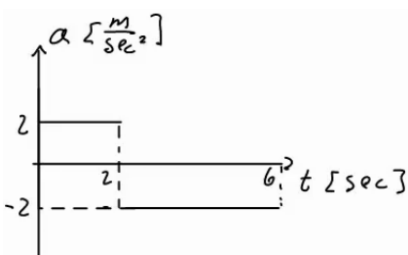
דנה מתחילה לרוץ ממנוחה בתאוצה קבועה השווה ל-2 מטר לשנייה בריבוע.  
 א. מצא את המהירות של דנה לאחר 1, 2, ו-3 שניות.  
 ב. מצא את המיקום של דנה לאחר 1, 2, 3 ו-4 שניות.  
 ג. שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

**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.  $-2 \frac{m}{sec^2}$ ; תאוצה.    ב.  $2.5 \frac{m}{sec^2}$ ; תאוצה.    ג.  $5 \frac{m}{sec^2}$ ; תאוצה.

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

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  $a_3 = -4 \frac{m}{sec^2}$  - בתאוצה.

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

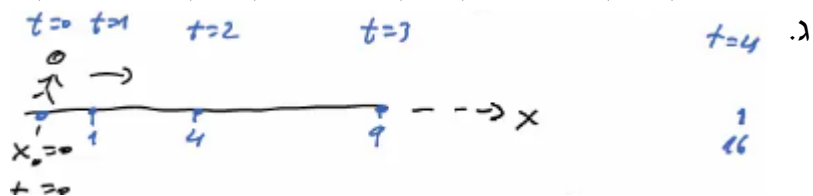
חלק 2 - כאשר  $2 \leq t \leq 5$  או  $a_2 = \frac{-8}{3} \approx -2.67 \frac{m}{sec^2}$  -

כשהמהירות חיובית - בתאוצה ( $V \geq 0$ ),

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)  $t_1 = 18.79$

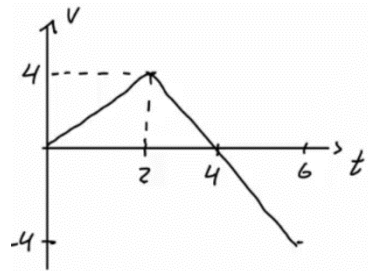
10 א. הזמן:  $t = 8.16 \text{ sec}$ , המיקום:  $16.65 \text{ m}$ .

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

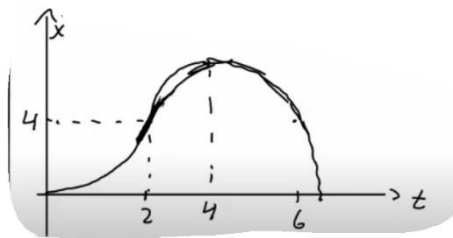
ג. שרטוט עבור מהירות:



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:

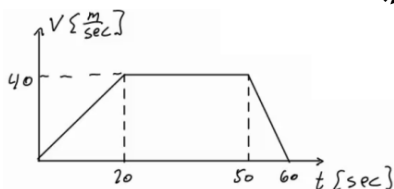
#### (1) מאפס לארבעים בעשר שניות

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'.

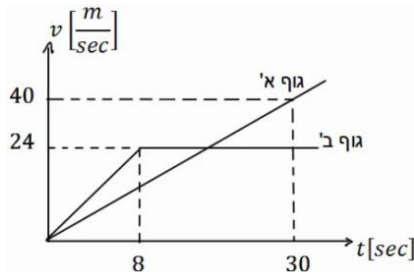
#### (3) דני שכח את הפלאפון

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.

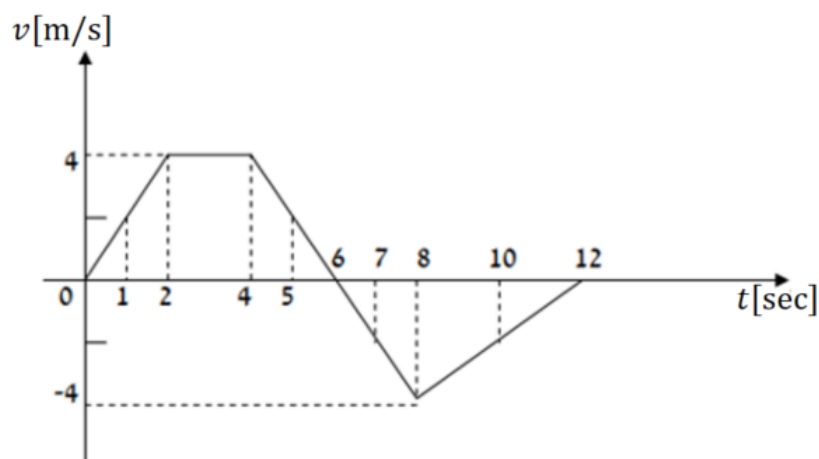


- תאר את תנועתו של כל גוף.
- רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.
- מצא את המרחק בין הגופים ברגעים:  $t = 3 \text{ sec}$ ,  $24 \text{ sec}$ , וציין מי מקדים את מי.
- מתי מהירויות שני הגופים שוות?
- מתי מיקום שני הגופים זהה?

#### 5) גרף מהירות זמן בקו ישר

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

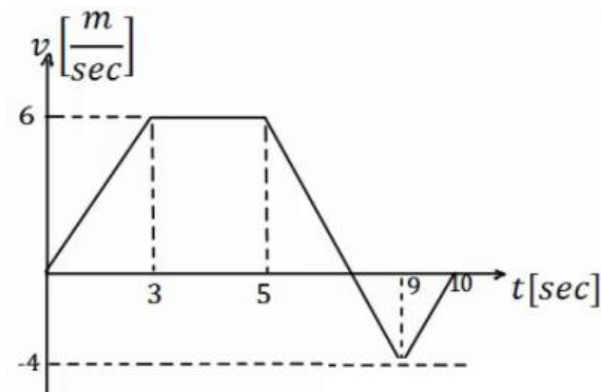
- האם תאוצתו של הגוף בזמן  $t = 1 \text{ sec}$  שווה בגודלה ובכיוונה לתאוצתו בזמן שניות  $t = 5 \text{ sec}$ ?
- האם בזמן  $t = 10 \text{ sec}$  מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר מאשר בזמן  $t = 2 \text{ sec}$ ?
- האם תאוצת הגוף בזמן  $t = 5 \text{ sec}$  שווה בגודלה אך הפוכה בכיוונה לתאוצתו בזמן  $t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



**6 תרגיל עם הכל**

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

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

**7 שני נתונים בזמנים שונים**

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

**(8) שוטר רודף אחרי מכונית**

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

**(9) זמן מינימלי לסיים מסלול\*\***

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

**(10) כמה זמן הרכבת נסעה במהירות קבועה\*\***

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

**תשובות סופיות:**

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

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

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

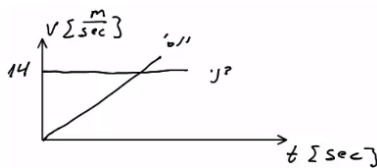
$$a = \begin{cases} 2 \frac{m}{sec^2} & 0 < t < 20 \\ 0 & 20 < t < 50 \\ -4 \frac{m}{sec^2} & 50 < t < 60 \end{cases} \text{ ב.}$$

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

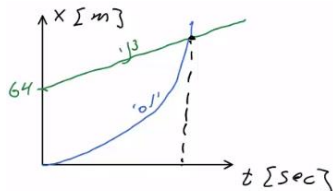
ד.  $x(t=15) = 225m$ ,  $x(t=40) = 1,200m$ ,  $x(t=55) = 1,750m$

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

ב.  $t = 1.75sec$ ; לא.



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



ד. ב-  $t = 6.12$ , המרחק:  $149.82m$ .

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

ב. גוף א':  $x(t) = \frac{2}{3}t^2$ .

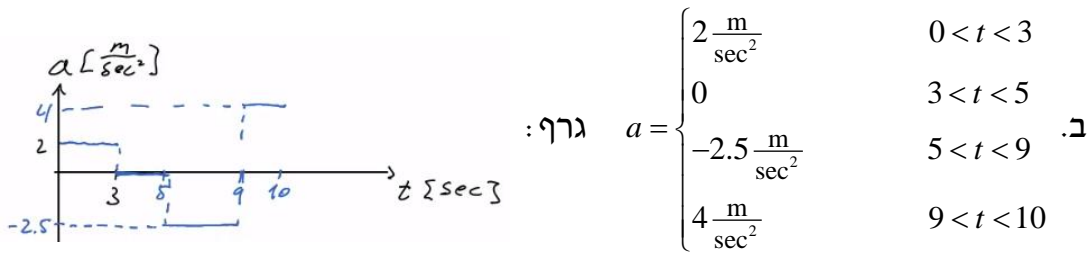
גוף ב': כאשר  $0 \leq t \leq 8$ ,  $x(t) = \frac{3}{2}t^2$ . כאשר  $8 \leq t \leq \infty$ ,  $x(t) = 96 + 24(t-8)$ .

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

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

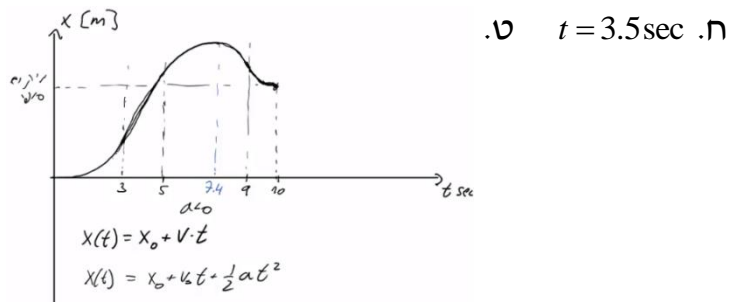
(5) א. לא.    ב. כן.    ג. לא.    ד. לא.    ה. לא.

- 6) א. כאשר  $0 \leq t \leq 3$  (חלק I), תאוצה קבועה, האצה והתקדמות בכיוון החיובי.  
 כאשר  $3 \leq t \leq 5$  (חלק II), תנועה במהירות קבועה, התקדמות בכיוון החיובי.  
 כאשר  $5 \leq t \leq 9$  (חלק III), תאוצה קבועה שלילית.  
 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: 7.4 sec ; המרחק: 28.2 m.

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

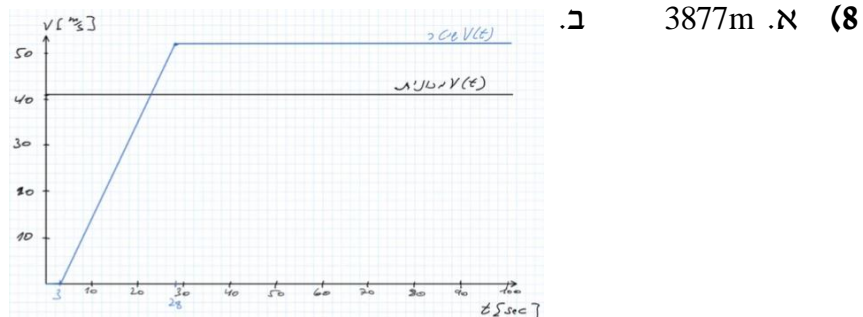


ח.  $t = 3.5 \text{ sec}$     ט.

7) א.  $a = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$     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.  $V(t=0) = 9 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$



9)  $T = 58 \text{ sec}$

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

## מהירות רגעית ותאוצה רגעית:

### רקע

המהירות היא נגזרת של המיקום לפי הזמן והמיקום הוא אינטגרל על המהירות:

$$v(t) = \frac{dx}{dt}$$

$$x(t) = \int v(t) dt$$

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

$$a(t) = \frac{dv}{dt}$$

$$v(t) = \int a(t) dt$$

- כשעושים אינטגרל צריך להוסיף קבוע, את הקבוע מוצאים מתנאי התחלה.

נגזרות של סינוס וקוסינוס:

$$(\cos x)' = -\sin x$$

$$(\sin x)' = \cos x$$

### שאלות:

#### 1) מהירות רגעית ותאוצה רגעית

מיקומו של גוף כתלות בזמן נתון לפי הנוסחה:  $x(t) = 3 + t^2 + 2t^3$ .

- א. מצא את מהירות הגוף כתלות בזמן.
- ב. מה המהירות הממוצעת בעשר השניות הראשונות של התנועה? ומה המהירות הממוצעת בעשר השניות הבאות?
- ג. חשב את התאוצה הרגעית. מהי תאוצת הגוף ב-  $t = 7 \text{ sec}$ ?
- ד. חשב את התאוצה הממוצעת בעשר השניות הראשונות של התנועה ובעשר השניות הבאות.

**(2) מיקום עם קוסינוס**

גוף נע לאורך קו ישר כאשר מיקומו נתון לפי:  $x(t) = A \cos(\omega t)$ ,  
(A ו- $\omega$  קבועים נתונים).

- א. חשב את המהירות והתאוצה של הגוף כתלות בזמן.  
 ב. שרטט את המיקום, המהירות והתאוצה של הגוף כפונקציה של הזמן עבור מרווח הזמן:  $0 \leq t \leq 2\pi$  ועבור המקרים:  $\omega = 1$ ,  $\omega = 2$ ,  $\omega = 0.5$ .  
 ג. מתי התאוצה מקסימלית ומתי היא מתאפסת?  
 ד. הראה שמתקיים:  $a(t) = -\omega^2 x(t)$ .  
 ה. אם מודדים את  $t$  בשניות, מה היחידות של  $\omega$ ?

**תשובות סופיות:**

(1) א.  $2t + 6t^2$  , ב.  $210 \frac{m}{sec}$  ,  $1,430 \frac{m}{sec}$  , ג.  $a(t) = 2 + 12t$  ,  $a(t=7) = 86 \frac{m}{sec^2}$

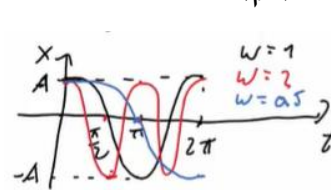
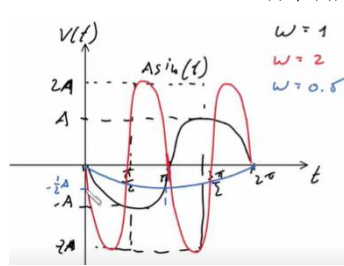
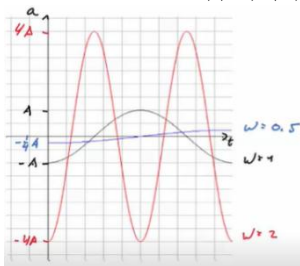
ד.  $62 \frac{m}{sec^2}$  ,  $182 \frac{m}{sec^2}$

(2) א.  $v(t) = -\omega A \sin(\omega t)$  ,  $a(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t)$

ב. מיקום:

מהירות:

תאוצה:



ג. מקסימלית:  $t_{max} = \frac{\pi}{\omega}$ , מתאפסת:  $t = \frac{3\pi}{2\omega}$  או  $t = \frac{\pi}{2\omega}$ .

ד. הוכחה. ה.  $[\omega] = \frac{1}{sec}$

## מהירות רגעית ותאוצה רגעית - אינטגרלים:

שאלות:

(1) מצא מהירות ומיקום

גוף נע בתאוצה של:  $a = 4t^3$ .

א. מצא את מהירות הגוף כתלות בזמן אם ידוע שהתחיל לנוע ממנוחה.

ב. מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם ידוע שהתחיל את תנועתו מ-  $x_0 = 2$ .

תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } v(t) = t^4 \quad \text{ב. } x(t) = \frac{t^5}{5} + 2$$

# הבסיס התאי

פרק 9 - וקטורים

תוכן העניינים

86	1. הגדרות סימונים והצגות
91	2. פעולות בין וקטורים
95	3. מכפלה סקלרית
98	4. וקטור יחידה
99	5. חיבור וחסור וקטורים בשיטת המקבילית
101	6. תרגילים נוספים

## הגדרות סימונים והצגות:

### רקע:

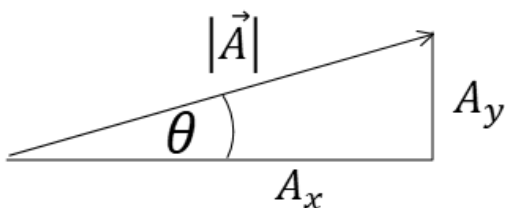
וקטור הוא כלי מתמטי המשמש לתיאור גודל פיזיקלי עם כיוון (לדוגמה מהירות או כוח).

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

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

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

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



מעבר מפולרי לקרטזי (פירוק וקטור לרכיבים):

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

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

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

מעבר מקרטזי לפולרי (מציאת גודל וזווית)

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

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

## שאלות:

## 1) הצגה פולרית

צייר את הוקטורים הבאים על גבי מערכת צירים:

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

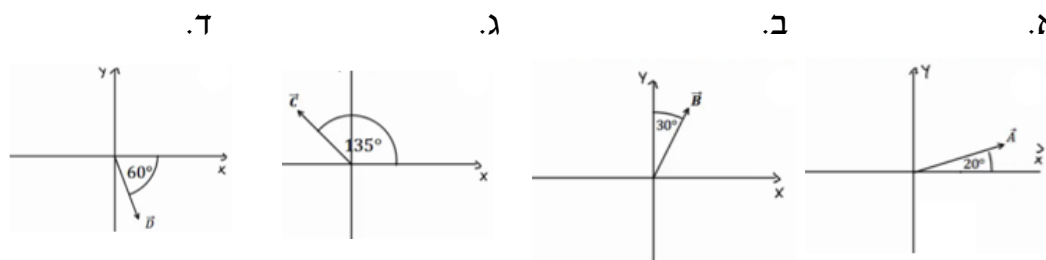
## 2) הצגה קרטזית

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

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

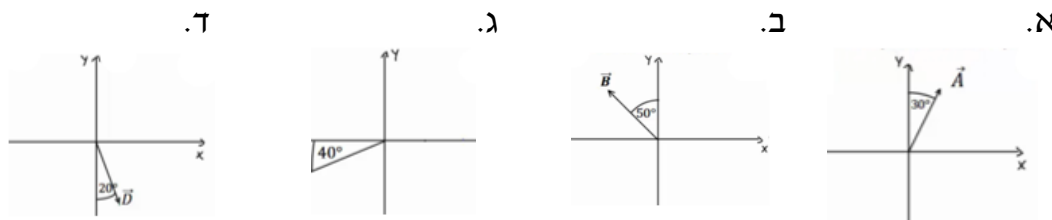
## 3) מעבר מפולרי לקרטזי

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



#### (4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים

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



#### (5) פירוק לרכיבים

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



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

#### (6) מקרטזי לפולרי

מצא את הגודל והכיוון של הוקטורים הבאים:

א.  $\vec{A} = (2, -1)$

ב.  $\vec{B} = (-0.5, -2)$

#### (7) מקרטזי לפולרי

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

א.  $\vec{A} = (2, 3)$

ב.  $\vec{B} = (-1, 2)$

ג.  $\vec{C} = (0, -3)$

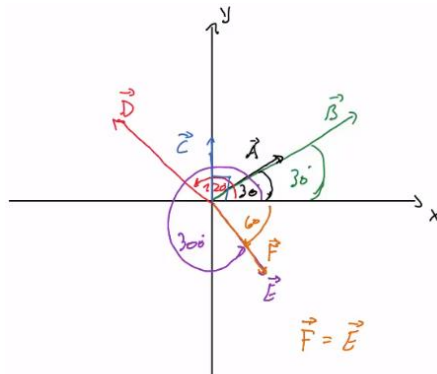
ד.  $\vec{D} = (2, -2)$

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

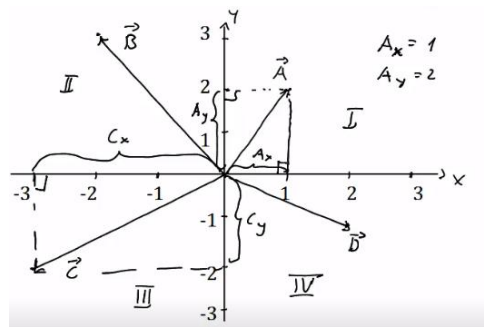
ו.  $E_y = -1$ ,  $|\vec{E}| = 3$  הוקטור ברביע השלישי.

**תשובות סופיות:**

1) ראו שרטוט:



2) ראו שרטוט:



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

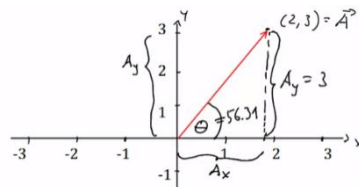
א.  $\vec{A} = \left(\frac{3}{2}, 2.60\right)$  . ב.  $\vec{B} = (-2.30, 1.93)$  . ג.  $\vec{C} = (-2.30, -1.93)$  (4)

ד.  $\vec{D} = (-2.30, -1.93)$

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

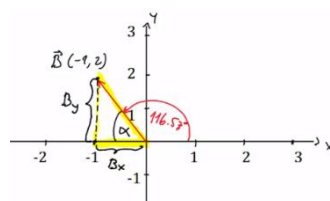
א.  $|\vec{A}| = \sqrt{5}$  ;  $\theta_A = -26.57 = 333.43^\circ$  . ב.  $|\vec{B}| = 2.06$  ;  $\theta_B = 255.96^\circ$  (6)

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



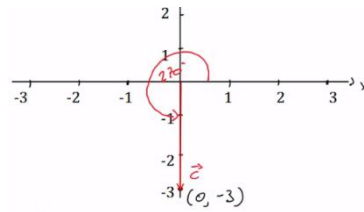
7) א. שרטוט:

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



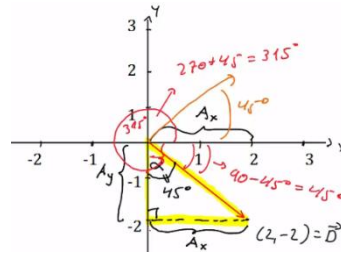
ב. שרטוט:

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



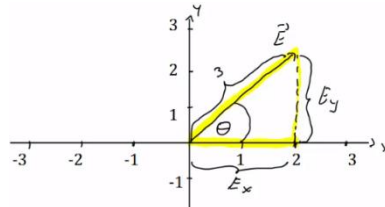
ג. שרטוט:

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



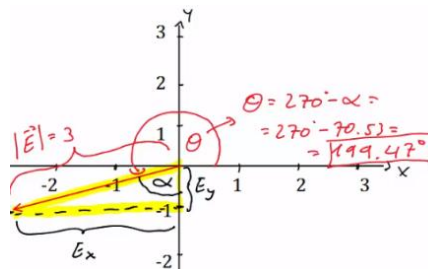
ד. שרטוט:

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



ה. שרטוט:

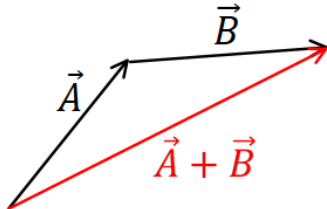
$$\theta_E = 199.47^\circ ;$$



ו. שרטוט:

## פעולות בין וקטורים:

רקע:



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

בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:

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

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.

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

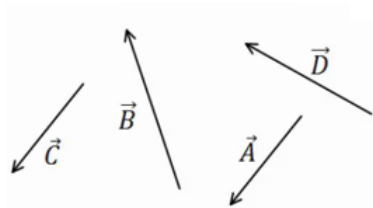
$$\vec{B} = \alpha \vec{A} = (\alpha A_x, \alpha A_y)$$

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

שאלות:

(1) חיבור וקטורים לפי סימונים

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



(2) דוגמה 1

נתונים הוקטורים הבאים:

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

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

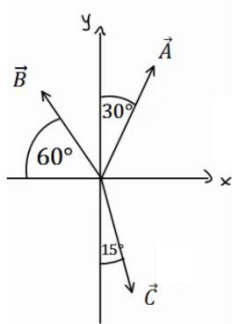
$$|\vec{C}| = 3, \theta_C = 180^\circ$$

א. שרטט את הוקטורים על גבי מערכת צירים.

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

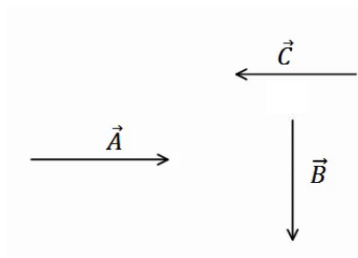
שרטט את הוקטור  $\vec{D}$  על אותה מערכת צירים.

## 3) דוגמה 2



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

## 4) חיסור לפי סימונים



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

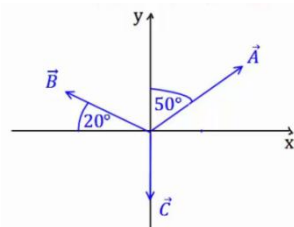
## 5) דוגמה 1

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

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

## 6) דוגמה 2

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



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

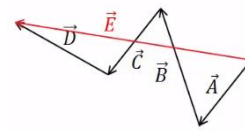
## 7) דוגמה 3

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

- א. שרטט את הווקטור במערכת הצירים.
- ב. מצא את  $\vec{B} = 3 \cdot \vec{A}$  ללא פירוק של  $\vec{A}$  לרכיבים. שרטט את  $\vec{B}$  על אותה מערכת.
- ג. מצא את הרכיבים של  $\vec{A}$ .
- ד. חשב שוב את  $\vec{B} = 3 \cdot \vec{A}$  הפעם דרך הרכיבים של  $\vec{A}$ .
- ה. מצא את גודלו וכיוונו של  $\vec{B}$  מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'. הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

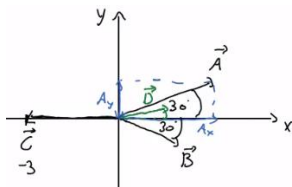
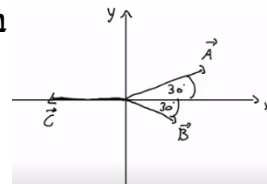
**תשובות סופיות:**

(1)



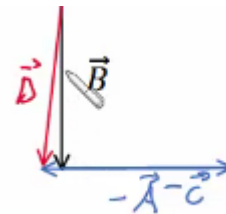
ב.  $|\vec{D}| = 1.42, \theta_D = 20.60^\circ$

(2) א.



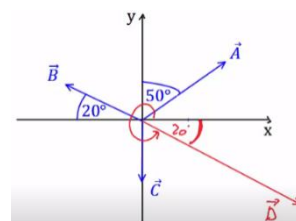
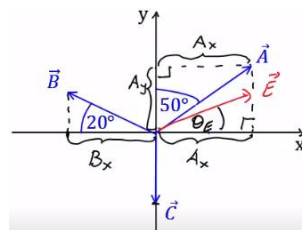
(3)  $|\vec{D}| = 3.46, \theta_D = 58.84^\circ$

(4)



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

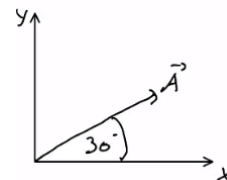
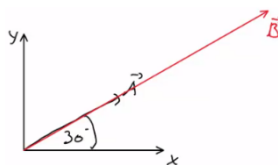
(6) א.  $|\vec{D}| = 8, \theta_D = -20^\circ$     ב.  $|\vec{E}| = 23.75, \theta_E = 37.23^\circ$



ג.  $\vec{A} = (\sqrt{3}, 1)$

ב.  $|\vec{B}| = 6, \theta_B = \theta_A = 30^\circ$

(7) א.



ה. ראה סרטון.

ד.  $\vec{B} = (3\sqrt{3}, 3)$

## מכפלה סקלרית:

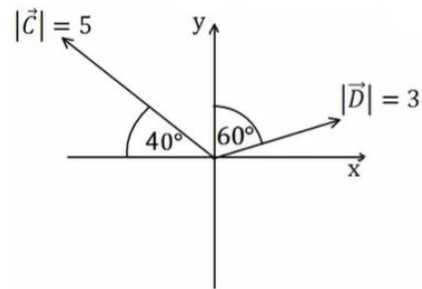
### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

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

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

ב.



#### (2) דוגמה 2

בדוק עבור זוגות הוקטורים הבאים האם הם מאונכים:

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

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

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

ד. שרטט כל זוג וקטורים מאונכים על מערכת צירים.

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

#### (3) דוגמה 3

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

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

ב. מצא את הגודל והזווית של כל וקטור.

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

**4 דוגמה 4**

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

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

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

**5 דוגמה 5**

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

חשב את :

א.  $\vec{A} \cdot \vec{C}$

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

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

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

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

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

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

**6 דוגמה 6**

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

חשב את :

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

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

**7 דוגמה 7**

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

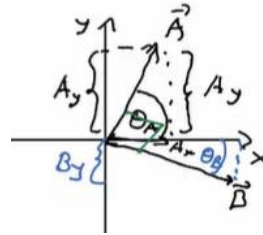
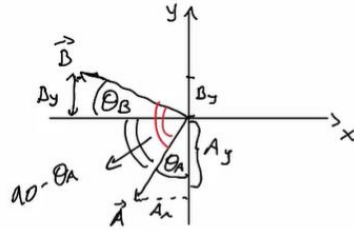
מצא את הזווית בין  $\vec{A}$  ל- $\vec{B}$  ובין  $\vec{B}$  ל- $\vec{C}$ .

**תשובות סופיות:**

1 א. 2 ב. -5.13

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

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



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

ג.  $\vec{A} \cdot \vec{B} = -10$

4 א. הוכחה. ב. הוכחה.

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

ו. (12,-8) ז. 36

6 א. (-0.8,2.4) ב. (-0.54,-2.69)

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

## 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.  $(0.6, 0.8)$

## חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית:

### שאלות:

#### (1) חיבור באמצעות מקבילית

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

#### (2) חיסור באמצעות מקבילית

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

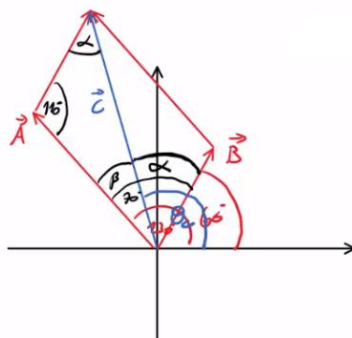
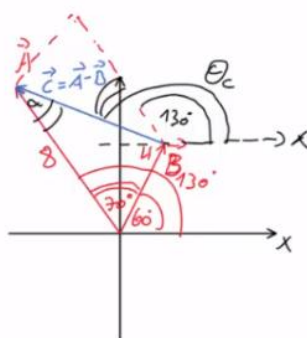
#### (3) מציאת אורך של שקול

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

#### (4) מציאת זווית בין שני וקטורים

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

**תשובות סופיות:**

 (1)  $108.1^\circ$ , 10.1

 (2)  $159.5^\circ$ , 7.62

 (3)  $a \approx 14.6c.m$ 

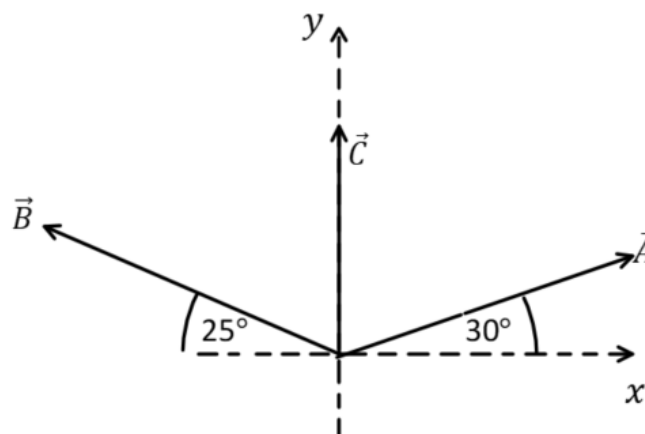
 (4)  $\theta = 60^\circ$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

(1) נתונים הווקטורים הבאים:  $\vec{A} = 5, 20^\circ$ ,  $\vec{B} = 2, 150^\circ$ ,  $\vec{D} = 10, 220^\circ$ .  
מצאו את גודל וכיוון הווקטור  $\vec{C}$  אם:  $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = \vec{D}$ .

(2) באיור הבא נתונים שלושה וקטורים.  
מצאו את גודל הווקטור  $\vec{A}$  ואת גודל הווקטור  $\vec{B}$ ,  
אם נתון שגודל הווקטור  $\vec{C}$  הוא 50 ו-  $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ .



### תשובות סופיות:

(1)  $\vec{C} = 14, 221^\circ$

(2)  $|\vec{A}| \approx 55$ ,  $|\vec{B}| \approx 53$

# הבסיס התאי

פרק 10 - נפילה חופשית וזריקה אנכית

תוכן העניינים

102 .....	1. נפילה חופשית
103 .....	2. זריקה אנכית
105 .....	3. תרגילים

## נפילה חופשית:

### שאלות:

#### (1) כדור ברזל קטן

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

#### (2) תפוח עץ

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

#### (3) חסידה מביאה חבילה

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

### תשובות סופיות:

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

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

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

## זריקה אנכית:

### שאלות:

#### (1) דנה גרה מעל צחי

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

#### (2) דני זורק כדור מחלון גבוה

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

#### (3) רועי קופץ לבריכה

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

## תשובות סופיות:

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

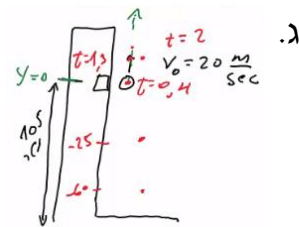
$$V(t) = 20 - 10t \quad \text{מהירות-זמן; } y(t) = 20t - 5t^2 \quad \text{מקום-זמן;} \quad (2)$$

ב.

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

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

מהירות-זמן:  $V(t) = 20 - 10t$  .  $7 \text{sec}$  (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-  $T_2$ .

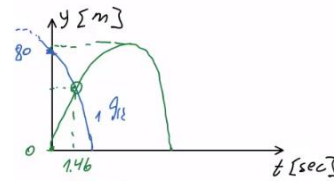
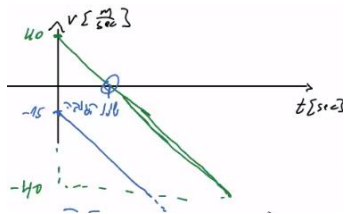
**9) ילד זורק כדור בקפיצה\*\***

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



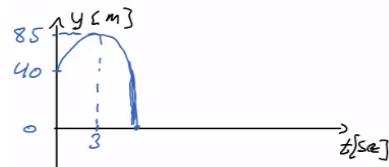
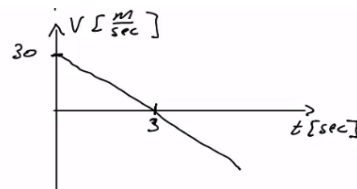
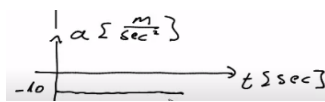
- (4) א. מקום-זמן:  $y(t) = 40 + 30t - 5t^2$ , מהירות-זמן:  $v(t) = 30 - 10t$   
 תאוצה-זמן:  $a = -10$   
 ב.

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

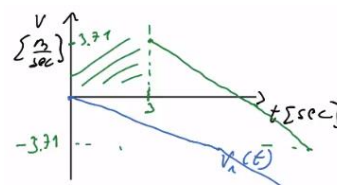
תאוצה-זמן:

מהירות-זמן:

ג. מקום-זמן:



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



ה. שרטוט:

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

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

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

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

# הבסיס התאי

פרק 11 - קינמטיקה - תנועה במישור

תוכן העניינים

110 ..... 1. תנועה במישור

## תנועה במישור:

**רקע:**

וקטור המיקום :

$$\vec{r} = x\hat{x} + y\hat{y} = (x, y)$$

העתק :

$$\Delta\vec{r} = \Delta x\hat{x} + \Delta y\hat{y} = (\Delta x, \Delta y)$$

מהירות ממוצעת או קבועה :

$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

בדרי"כ נפריד את התנועה בציר X ובציר Y ונעבוד בכל ציר כמו בתנועה במימד אחד.

**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 :  $y(t) = 3t^2$ .

א. שרטט על גבי מערכת צירים דו מימדית את מיקום הגוף ב-  $t = 0, 1, 2, 3 \text{ sec}$ .

ב. רשום את הערך של וקטור המיקום הגוף בכל אחד מן הרגעים, ושרטט את

וקטור המיקום בכל רגע על מערכת הצירים.

ג. 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 :  $y(t) = 2t^2$ .

א. רשום את וקטור המיקום כתלות בזמן ומצא את מיקום הגוף ב-  $t = 1, 2 \text{ sec}$ .

ב. רשום את ההעתק של הגוף בחמש השניות הראשונות של התנועה.

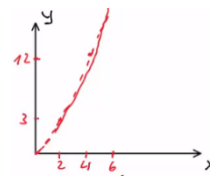
ג. מצא את ההעתק שביצע הגוף מ-  $t = 2 \text{ sec}$  עד  $t = 4 \text{ sec}$ .

**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:  $y(t) = t^2$ .

- א. מצא את וקטור המיקום של הגוף כתלות בזמן.
- ב. מצא את ההעתק שביצע הגוף בין  $t = 3\text{sec}$  ל- $t = 5\text{sec}$ .
- ג. מצא את המהירות הממוצעת במרווח הזמן של סעיף ב'.
- ד. מהו המרחק האופקי המקסימלי אליו הגיע הכדור?

**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.  $\vec{v} = (2, 8)$

# הבסיס התאי

פרק 12 - תנועה יחסית

תוכן העניינים

112 ..... 1. תנועה יחסית

## תנועה יחסית:

### שאלות:

#### 1) מדרגות נעות

כאשר אדם עומד על מדרגות נעות בחנות, הוא מגיע לקומה הרצויה תוך 50 שניות. יום אחד, המדרגות הנעות מתקלקלות והאדם צריך לעלות אותן ברגל בכוחות עצמו, כאשר הוא נע במלוא היכולת שלו, הוא מצליח להגיע לקומה הרצויה תוך 80 שניות. למחרת, המדרגות הנעות עובדות כרגיל, אך האדם מחליט לרוץ בהן במלוא יכולתו בכל זאת.

- תוך כמה זמן יגיע לקומה הרצויה?
- האדם מנסה עתה לרדת חזרה לקומה המקורית במדרגות העולות (אלה בהן הוא עלה קודם). האם הוא יכול להצליח בכך?  
אם כן תוך כמה זמן יגיע לקומה המקורית?

#### 2) כדור נזרק במעלית

מרצפת מעלית הנמצאת במנוחה נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה. הכדור עובר ליד שעון עצר, המחובר למעלית, ונמצא בגובה 2 מטרים מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.

- מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה עד לפגיעה ברצפת המעלית?
- מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?
- חוזרים על הניסוי, אבל כעת המעלית נעה (מלפני זריקת הכדור) במהירות קבועה כלפי מעלה של  $4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ . הזמן שמודד השעון הוא שוב 0.5 שניות. מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה ועד לפגיעה ברצפת המעלית?
- מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?
- מהי מהירות הכדור ביחס לכדה"א ברגע הפגיעה ברצפת המעלית?

### 3) כדור נזרק במעלית מאיזה

מעלית נעה בתאוצה קבועה כלפי מעלה של  $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ .

ברגע שמהירות המעלית היא  $4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  נזרק מרצפת המעלית כדור כלפי מעלה

במהירות התחלתית לא ידועה.

הכדור עובר ליד שעון עצר המחובר למעלית ונמצא בגובה 1 מטר מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.

א. מהו הזמן עד לפגיעת הכדור ברצפת המעלית?

ב. מהי הדרך הכוללת שעבר הכדור ביחס למעלית עד אשר עבר ליד השעון בפעם השנייה?

ג. מהי הדרך הכוללת שעבר הכדור ביחס לכדה"א עד אשר עבר ליד השעון בפעם השנייה?

ד. מהי מהירות הכדור יחסית לכדה"א ברגע הפגיעה ברצפת המעלית?

### תשובות סופיות:

א.  $t = 30.8 \text{sec}$     ב. לא.    (1)

א.  $t = 1.36 \text{sec}$     ב.  $S = 2.62 \text{m}$     ג.  $t = 1.36 \text{sec}$     ד.  $S = 5.72 \text{m}$     (2)

ה.  $v_1 = -2.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

א.  $t = 0.96 \text{sec}$     ב.  $S = 2.76 \text{m}$     ג.  $S = 4.46 \text{m}$     ד.  $v_1 = 1.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$     (3)

# הבסיס התאי

פרק 13 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה

תוכן העניינים

114 ..... 1. תרגילים

## תרגילים לחזרה עד לחלק זה:

### שאלות:

#### (1) חללית ללא טייס

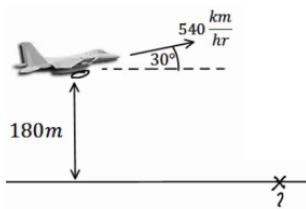
- חללית ללא טייס משוגרת מכדור הארץ בצורה אנכית כלפי מעלה ובתאוצה קבועה. בגובה 1940 מטרים כבה לפתע מנוע החללית. החללית ממשיכה עוד 18 שניות בתנועה כלפי מעלה ולאחר מכן מתחילה ליפול בנפילה חופשית חזרה לקרקע.
- חשב את תאוצת הגוף עד לרגע בו כבה המנוע.
  - מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.
  - מהו הזמן 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

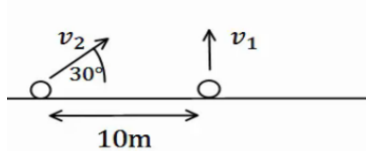
מטוס טס במהירות של 540 ק"מ לשעה בזווית של 30 מעלות מעל האופק. בגובה של 180 מטרים המטוס משחרר פצצה.



- 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:

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

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

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

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

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

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

## הבסיס התאי

פרק 14 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

### תוכן העניינים

116	1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי
125	2. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי
129	3. חוק שני של ניוטון
144	4. הכוח האלסטטי- קפיץ
149	5. כוח הכבידה - הכוח הריבועי ההפוך
150	6. תאוצות לא שוות

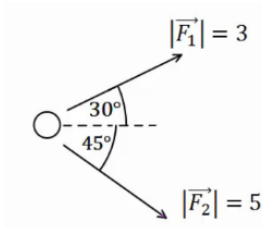
## הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

### שאלות:

#### דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

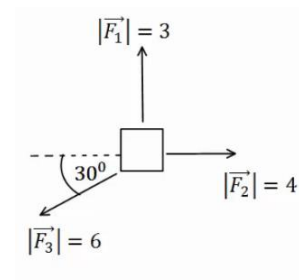
##### (1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



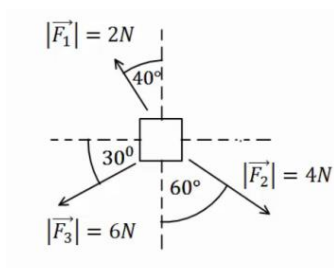
##### (2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



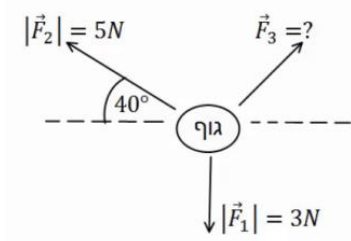
##### (3) דוגמה 3

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



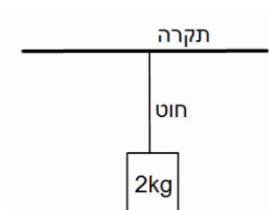
##### (4) דוגמה 4

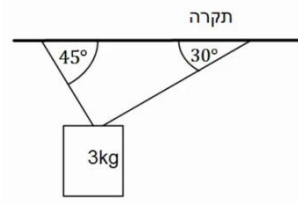
באיור הבא נתונים הכוחות  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר. מצא את גודלו וכיוונו של  $\vec{F}_3$ .



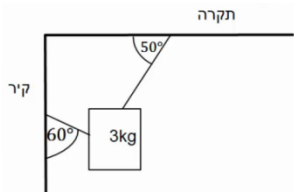
##### (5) דוגמה 5

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

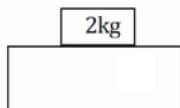


**6 דוגמה 6 (6)**

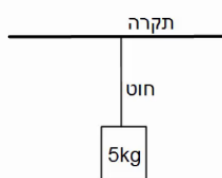
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים, לפי האיור הבא.  
 מהי המתחיות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

**7 דוגמה 7 (7)**

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

**8 דוגמה 8 (8)**

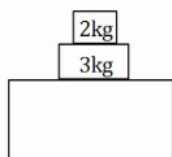
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.  
 א. שרטט תרשים כוחות על המסה.  
 ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?  
 ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

**9 דוגמה 9 (9)**

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

**10 דוגמה 10 (10)**

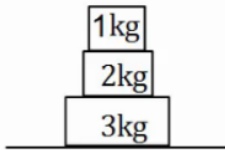
דני ויוסי מושכים בחבל משני צידיו, כל אחד מהם מושך בכוח של 50 ניוטון.  
 מהי המתחיות בחבל?

**11 דוגמה 11 (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.

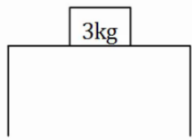


א. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה המסה הכי תחתונה על המסה מעליה?

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  $\mu_s = 0.4$ .



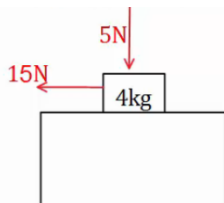
א. מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?

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.

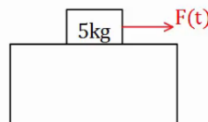
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

**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.

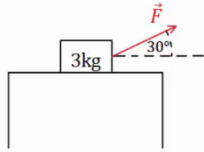
מקדם החיכוך הסטטי הוא:  $\mu_s = 0.3$ .



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:  $\mu_s = 0.3$ .

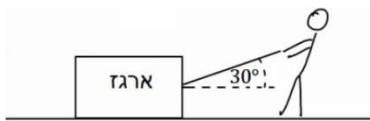
א. מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל כד שהגוף ישאר במנוחה?

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.

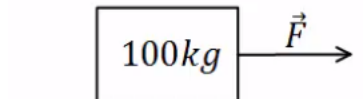
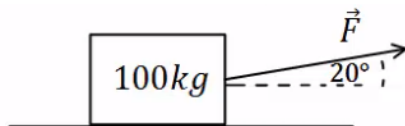
**19) כוח בכמה כיוונים**

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:  $\mu_k = 0.4$ .

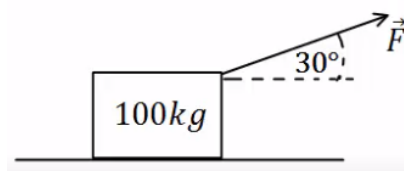
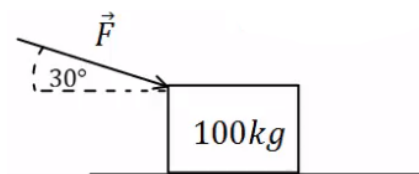
א. כוח מושך אופקי

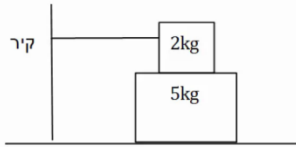
ב. כוח מושך בזווית של 20°



ג. כוח מושך בזווית של 30°

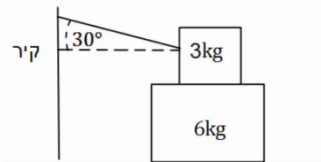
ד. כוח דוחף בזווית של 30° מתחת לאופק



**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.

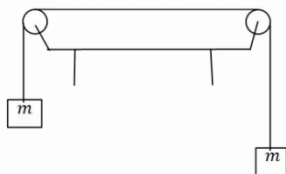
**21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית**

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**

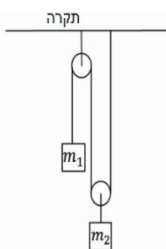
שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק"ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן. המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.



- 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.

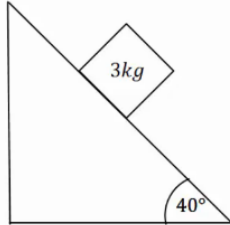


א. מצא את היחס בין המסות:  $\left(\frac{m_1}{m_2} = ?\right)$ .

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

## המישור המשופע:

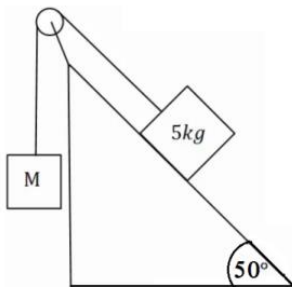
## 24) מסה בשיפוע



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

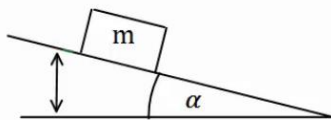


מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

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



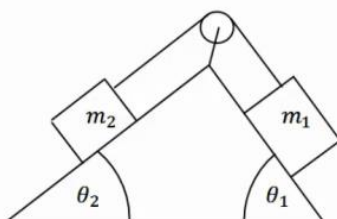
מסה m מונחת על מישור משופע ונמצאת במנוחה. מגדילים את זווית השיפוע של המישור בקצב איטי.

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,

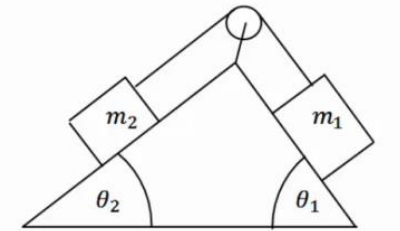
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.

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.



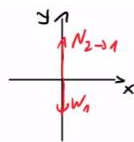
(9) א.  $T = 50N$ . ב. גודל:  $T = 50N$ , כיוון: מטה.

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

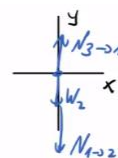
(10)  $T = 50N$

א.  $N_{32} = 50$

ב.  $N_{21} = 20$



$m_1$   $\vec{F}$



$m_2$   $\vec{F}$

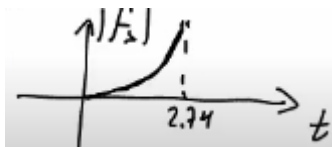
(11) א.  $N_{23} = 50N\hat{y}$

(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.  $t = 2.74sec$



(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.  $F = 400N$

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

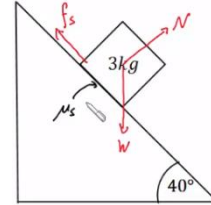
$$T = 8.86\text{N} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 33.34\text{N} \quad \text{א.} \quad (21)$$

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

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.

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

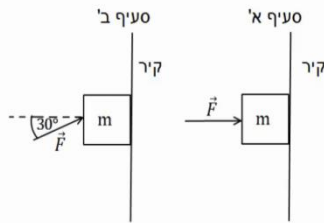
$$m_2 = m_1 \left( \frac{-\mu_k \cos \theta_1 + \sin \theta_1}{\sin \theta_2 + \mu_k \cos \theta_2} \right) \quad (28)$$

## תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

### שאלות:

#### (1) מסה מוצמדת לקיר

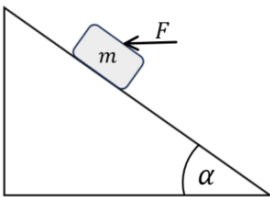
ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי. מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא: 0.3.



- 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.

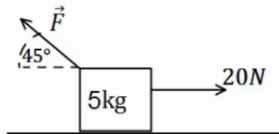
#### (2) כוח אופקי מיני ומקס על מסה בשיפוע

מסה:  $m = 2\text{kg}$  מונחת על מדרון משופע בעל זווית:  $\alpha = 37^\circ$ . מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא:  $\mu_s = 0.15$ . כוח אופקי  $F$  פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה. מהו  $F$  המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה?



#### (3) קופסה עם כוח לא ידוע

קופסה בעלת מסה של 5 ק"ג מונחת על משטח אופקי. כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל לציר ה-x. בין המשטח לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הקינטי הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

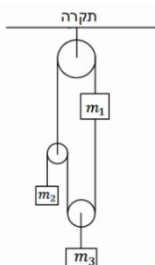


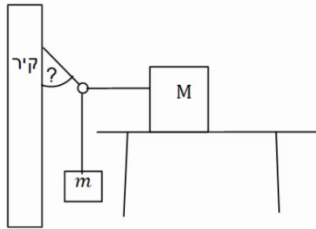
כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של  $45^\circ$ . מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.

#### (4) מערכת גלגלות

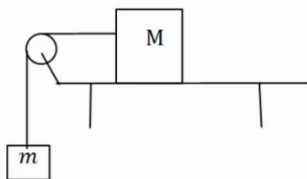
במערכת הבאה כל הגלגלות והחוט הם אידיאליים. המסות  $m_1, m_2$  נתונות.

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

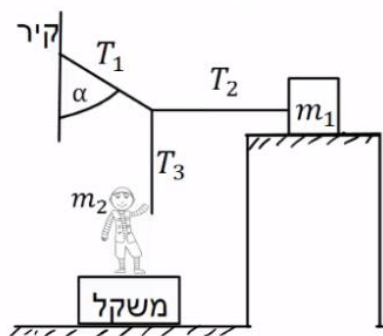


**(5) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר**

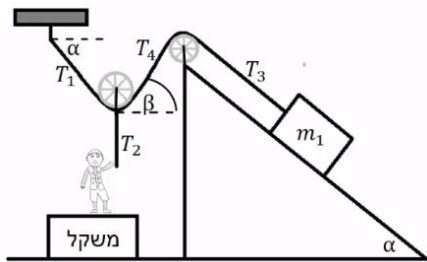
קופסה בעלת מסה  $M$  מונחת על שולחן. הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה. מסה  $m$  תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר. ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה  $M$  לשולחן הוא:  $\mu_s$ , וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ"ל מקסימלי. מצא את המתיחות בכל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

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

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

**(7) נער מושך בחוטים**

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

**8) נער מושך בחוטים שוב**

מסה  $m_1$  מונחת על משטח משופע לא חלק.

נער שמסתו  $m_2$  מושך את קצה החוט  $T_2$ .

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

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

החוט  $T_2$  מאונך ו-  $T_3$  מקביל למדרון.

הוראת המשקל היא:  $120\text{N}$ .

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.

**9) נער מושך בעגלה הקשורה למשקולת**

בתרשים שלפניך מוצגת מערכת.

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

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

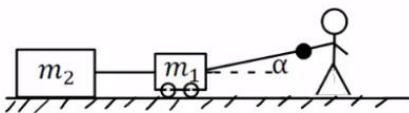
לעגלה מחוברת משקולת  $m_2 = 25\text{kg}$ .

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

מערכת הגופים נעים במהירות קבועה.

א. מהי המתוחות בחוט בין העגלה למשקולת?

ב. מהו הכוח שהאדם מושך את מסה  $m_1$ ?

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

קרש שמסתו  $M$  מונח על מישור משופע חלק הנטוי בזווית  $\theta$ .

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

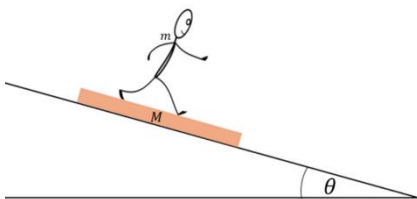
בין האדם לקרש קיים חיכוך. הניחו שהכוח שמפעיל האדם על הקרש קבוע ושהמישור מקובע.

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

ב. מה צריכה להיות תאוצת האדם בסעיף א?

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

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



### תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

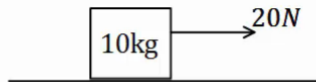
$$\mu_{s_{\min}} = \frac{\tan \theta}{0.4} \quad \text{ג.} \quad \frac{7}{2}g \sin \theta \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad \text{במורד המישור.} \quad (10)$$

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

## חוק שני של ניוטון:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

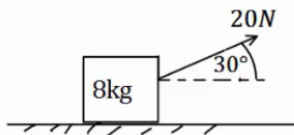


כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.  
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

א. מצא את תאוצת הארגז.

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

#### (2) דוגמה 2



כוח של 20 ניוטון פועל בזווית של 30 מעלות מעל האופק.  
הכוח מופעל על ארגז בעל מסה של 8 ק"ג.  
הארגז נמצא במנוחה ונתון כי בין הארגז לרצפה קיים חיכוך.

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

א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.

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

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

#### (3) מרחק עצירה

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

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

הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?

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

#### (4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

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

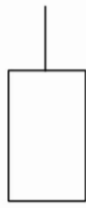
ברגע  $t = 0$  מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של 10N.

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

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

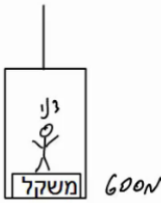
א. מה המרחק אותו עבר הגוף עד ל-  $t = 4\text{sec}$ ?

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

**(5) כוחות על מעלית**

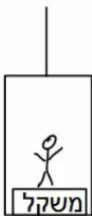
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשנייה בריבוע, באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

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

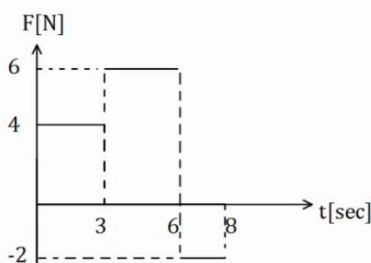
**(6) משקל במעלית**

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?

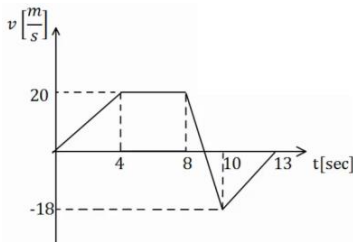
**(7) עוד משקל במעלית**

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?

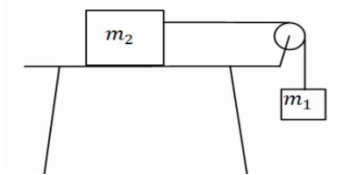
**(8) גרפים 1**

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:  $3\text{m}$ .

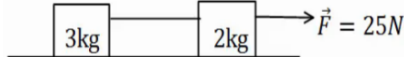
א. מצא את גודלה המינימלי של  $m_1$ , עבורה המערכת תהיה בתנועה.

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 המתיחות 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.

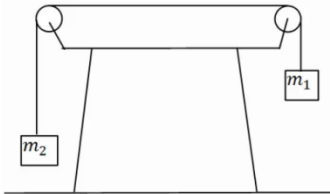
א. מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).

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

החיכוך הקינטי הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

**13 שתי מסות תלויות**

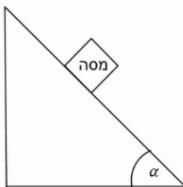
במערכת הבאה שתי מסות שונות:  $m_1 = 3\text{kg}$ ,  $m_2 = 1\text{kg}$ .  
 המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות.  
 המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה  $m_1$  מעל הקרקע הוא:  $2m$ .



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

**14 מדרון משופע בסיסי**

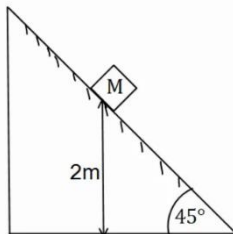
מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית  $\alpha$ .  
 אין חיכוך בין המסה למדרון.



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

**15 מדרון משופע עם חיכוך**

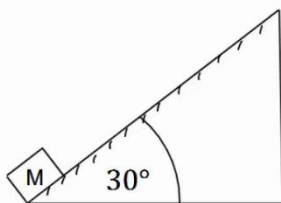
מסה  $M$  מונחת על מדרון משופע בגובה של 2 מטרים.  
 זווית השיפוע של המדרון היא  $45^\circ$  מעלות ומקדמי החיכוך  
 הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם:  $\mu_s = 0.2$ ,  $\mu_k = 0.1$ .



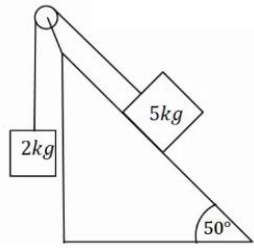
- האם המסה תתחיל להחליק או תישאר במנוחה?
- מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון.  
 מהי מהירותה ברגע זה?

**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?

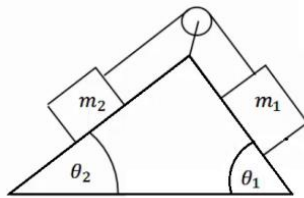
**17) מסה בשיפוע ומסה תלויה**

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

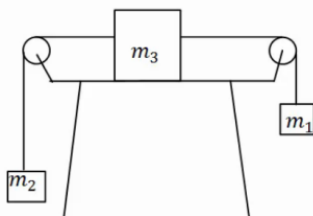
א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

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.

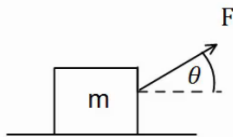
נתון:  $m_1 = 14\text{kg}$ ,  $m_2 = 2\text{kg}$ ,  $m_3 = 4\text{kg}$ .

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:  $\mu_s = 0.25$ ,  $\mu_k = 0.2$ .

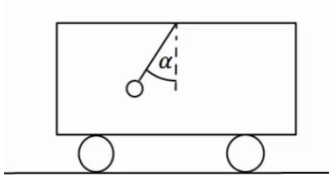
ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?

ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

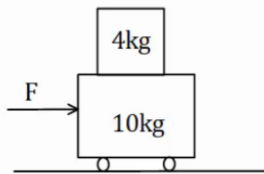
**20) זווית אופטימלית למשיכה**

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**

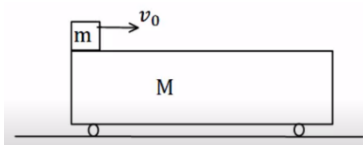
- מטוטלת קשורה לתקרת מכונית. המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה  $\alpha$ , ביחס לאנך מתקרת המכונית.
- מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).
  - האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

**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**

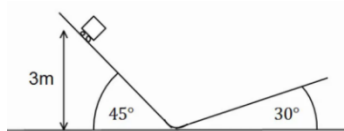
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.  
מסות התיבות הן:  $m_1 = 3\text{kg}$  ו-  $m_2 = 5\text{kg}$ . כוח אופקי  
דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.  
גודל הכוח הוא:  $F = 16\text{N}$ . חשב את:



- 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**

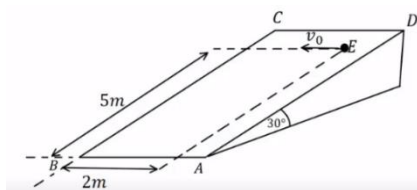
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של  $45^\circ$  מעלות.  
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים  
ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת  
למדרון משופע אחר בעל זווית של  $30^\circ$  מעלות.  
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל  
מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.



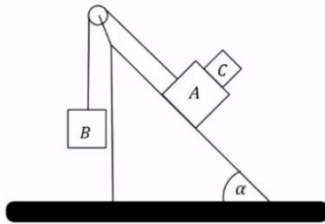
- מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע הקופסה במדרון השני?  
נחש מה יקרה לאחר מכן.
- חזור על סעיף א' אם נהג הקופסה שכח לשחרר את מעצור היד של הגלגלים  
וקיים חיכוך קינטי בין הקופסה למשטח. מקדם החיכוך הוא:  $\mu_k = 0.2$ .

**27) זריקה אופקית על מישור משופע**

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

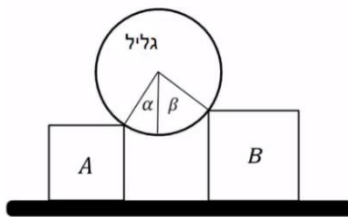


- צייר מערכת צירים ורשום את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח בכל ציר.
- מהי צורת המסלול של הכדור על הלוח?
- מצא את  $v_0$  עבורה הכדור יגיע בדיוק לנקודה B.
- מהי מהירות הכדור בנקודה B עבור ה-  $v_0$  שמצאת בסעיף ג'?

**28) גוף על גוף במישור משופע**

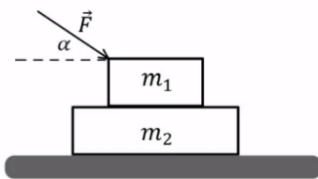
גוף A בעל מסה  $m_A$  וגוף B בעל מסה  $m_B$  מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית  $\alpha$ . גוף C בעל מסה  $m_C$  מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא  $\mu_s$ . הבא את התשובות באמצעות:  $m_A, m_C, \alpha, \mu_s$ .

- 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 בפניות 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?

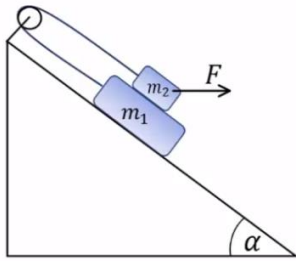
**30) כוח דוחף גוף על גוף**

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:  $\mu_s = 0.2, \mu_k = 0.15, \alpha = 30^\circ$ .

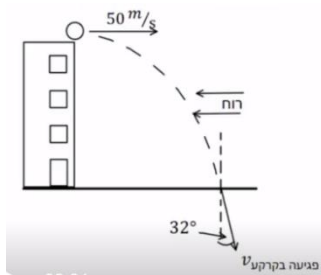
מצא את תאוצת כל גוף כאשר הכוח הדוחף הוא:  $F = \frac{1}{2}mg$ .

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  $m_2$ .

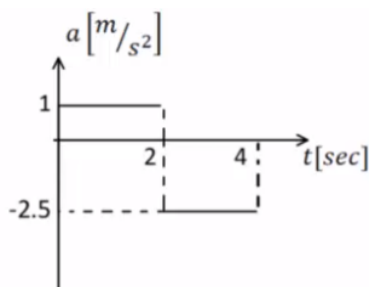
- א. מהו F המקסימלי כך שהגופים יישארו במנוחה?  
 ב. אם  $F = 40\text{N}$  מהי תאוצת הגופים?

**32) זריקה אופקית בהשפעת רוח\***

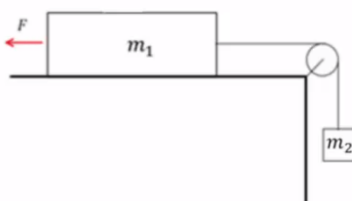
- כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.  
 הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.  
 2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.  
 מסת הכדור היא 500 גרם.

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



- א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה :  
 i. שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.  
 ii. רשמו את המיקום כתלות בזמן של  $m_1$ .  
 iii. חשבו את  $m_2$  ואת המתיחות בחוט.

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

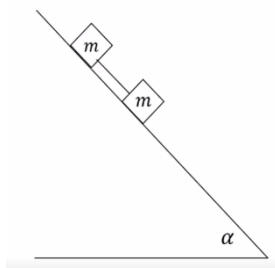
### 35 שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע

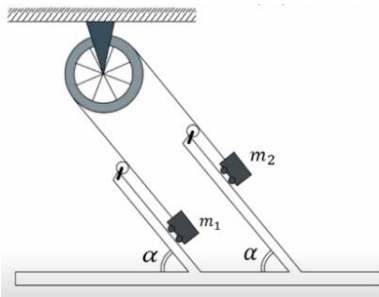
שני גופים בעלי מסה זהה  $m$  קשורים בחוט ונמצאים על מדרון משופע לא חלק בעל זווית  $\alpha$ .

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

למשטח הוא  $\mu_k$ .

מצאו את המתוחות 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 25N.

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

ד. בהנחה כי כעת מחובר חוט היכול לעמוד במתיחויות 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:

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

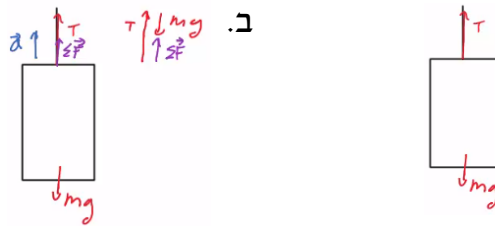
$$t \approx 6.82 \text{ sec} \quad \text{ב.} \quad \text{א. הגוף לא יכול להיות במנוחה.} \quad (2)$$

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

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

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

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



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

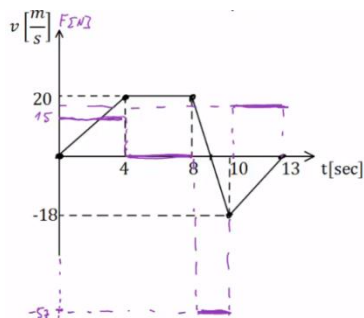
$$m_{\text{Dani}} = 42 \text{ kg} \quad \text{ד.} \quad \text{ה. } 0 \quad (7)$$

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

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

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

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



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

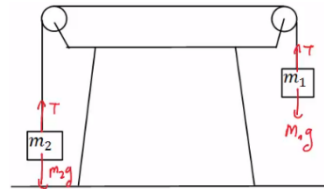
ד.  $v_1(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$ ,  $v_2(t=1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

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

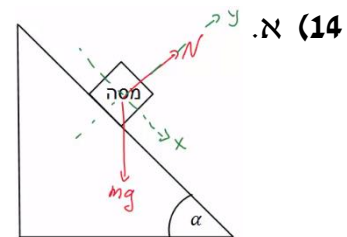
(13) א.    ב.  $a = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$     ג.  $m_1$  תרד כלפי מטה.



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

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

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

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

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

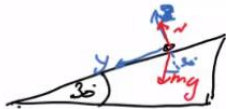
$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot t^2, \quad v(t) = \frac{1}{2} \cdot t \quad \text{ב.} \quad x(t) = 20 \cdot t - \frac{2}{2} t^2, \quad v(t) = 20 - 2 \cdot t \quad \text{א.} \quad (23)$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

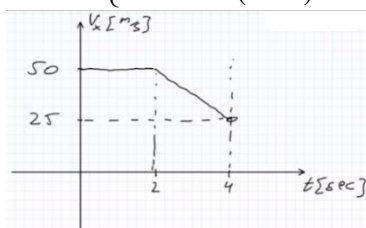
$$F_{\max} = \frac{2\mu_s mg}{\cos \alpha - 2\mu_s \sin \alpha} \quad \text{ג.} \quad f_s = \frac{F \cos \alpha}{2} \quad \text{ב.} \quad a = \frac{F \cos \alpha}{2m} \quad \text{א.} \quad (30)$$

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

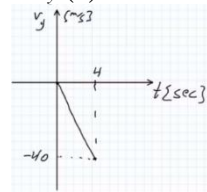
$$a = 1.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \quad \text{ב.} \quad F_{\max} = 31.05\text{N} \quad \text{א.} \quad (31)$$

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

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



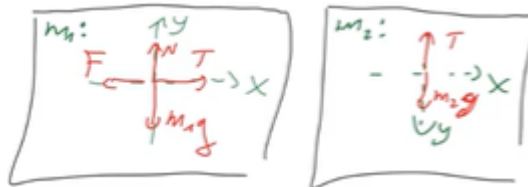
$$v_y(t) = -10 \cdot t \quad \text{ii.}$$



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

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

33 א.י.

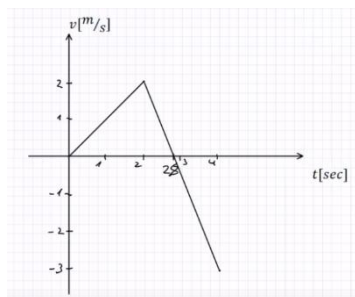


iii.  $T = 21\text{N}$ ,  $m_2 = 2.33\text{kg}$

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

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

ד.  $\mu_{s\min} = 0.25$

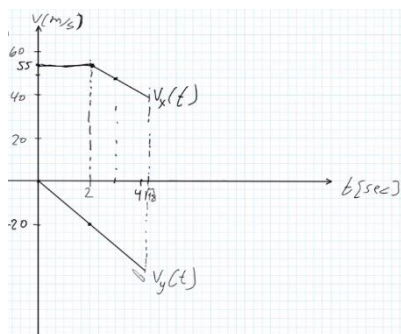


ג.

ב.  $F \approx 84.1\text{N}$

34 א.י. לא משפיעה. ii. משפיעה.

ד.  $\Delta x = 14\text{m}$



ג.

35  $T = 0$

ד.  $\alpha_{\max} = 90^\circ$

ג.  $\alpha_{\max} = 38.7^\circ$

ב.  $a = 3.35 \sin \alpha$

36 א.  $T = 30 \sin \alpha$

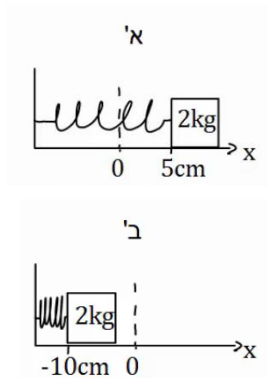
ה. המסות יתנתקו מהמשטח ויהיו תלויות אנכית, התאוצה תישאר אותו דבר כמו בזווית של  $90^\circ$ .

## הכוח האלסטי - קפיץ:

### שאלות:

#### (1) דוגמה 1

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



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

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

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

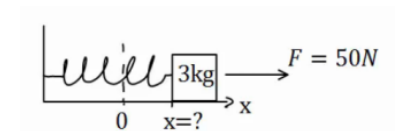
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא:  $\mu_s = 0.2$ .

ג. מהו המרחק המקסימלי בו ניתן להניח את הגוף קשור לקפיץ כך שיישאר במנוחה?

#### (2) דוגמה 2

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



בין הגוף למשטח אין חיכוך.

על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.

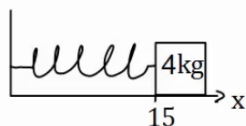
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.

היכן נמצאת נקודת שיווי המשקל?

(הנקודה בה סכום הכוחות שווה לאפס).

#### (3) דוגמה 3

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



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

בין הגוף למשטח אין חיכוך.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

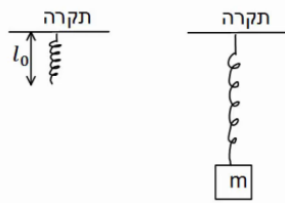
א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

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

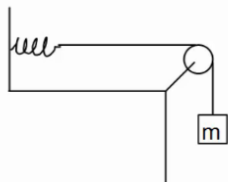
ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון שמאלה.

**4) שיטה למדידת קבוע קפיץ**

- מסה  $m$  תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא  $l_0$ . משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.
- א. מה מיוחד בנקודה זו?
- ב. מודדים את מרחק המסה מהתקרה בנקודה זו. מצא באמצעות מרחק זה והפרמטרים בשאלה את קבוע הקפיץ.

**5) מסה קשורה לחוט שמחובר לקפיץ אופקי**

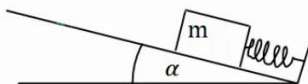
- מסה  $m = 5gr$  תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ. הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית. קבוע הקפיץ הוא:  $k = 10 \frac{N}{m}$ .



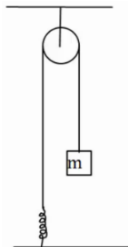
- א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשאר במנוחה. מצא את התארכות הקפיץ.
- ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים. מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

**6) קפיץ בשיפוע**

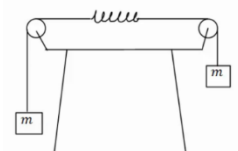
- מסה  $m$  נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית  $\alpha$ . מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ  $k$ . אין חיכוך בין המסה למשטח. בכמה מכוון הקפיץ ממצבו הרפוי? התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

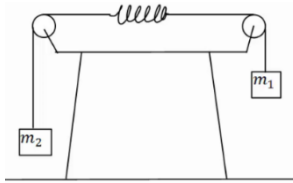
**7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה**

- 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 אידיאליים.

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.

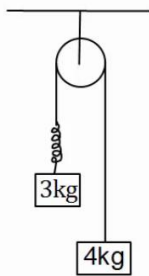
**10) מסה תלויה ומתיחה**

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

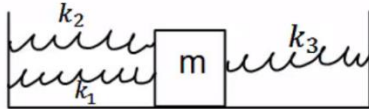
לשנייה בריבוע ימינה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.

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.

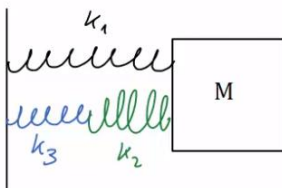


נתון כי:  $k_1 = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ,  $k_2 = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ,  $k_3 = 12 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

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

ג.  $x = 8\text{cm}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## כוח הכבידה – הכוח הריבועי ההפוך:

### שאלות:

#### (1) תאוצת הנפילה החופשית על הירח

מסת הירח היא:  $M = 7.35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  ורדיוסו הוא:  $R = 1737 \text{ km}$ .

א. מהי תאוצת הנפילה החופשית על הירח  $g$ ?

ב. מהו משקלה של אסטרונוטית על הירח, אם משקלה על כדה"א הוא 65 ק"ג?

### תשובות סופיות:

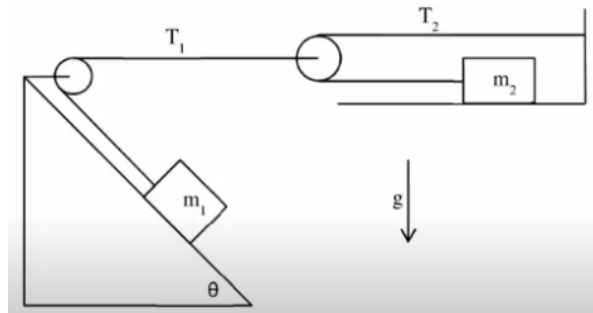
(1) א.  $g \approx 1.62 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$  ב. 11kg

## תאוצות לא שוות:

### שאלות:

#### (1) מסה במדרון ומסה אופקית

- המסות  $m_1$  ו- $m_2$  מחוברות על ידי חוטים וגלגלות אידאליים, ראה איור. המישור המשופע עליו מונחת המסה  $m_1$  חסר חיכוך בעוד שהמישור האופקי עליו מונחת  $m_2$  הוא משטח בעל חיכוך עם מקדם חיכוך סטטי/קינטי  $\mu$ .
- א. קבל ביטוי פרמטרי עבור הערך של  $m_2$  מעליו המערכת תמצא בשיווי משקל.  
 ב. מהו ערך זה עבור הנתונים:  $\mu = 0.2$ ,  $\theta = 30^\circ$ ,  $m_1 = 5\text{kg}$ .  
 ג. אם  $m_2$  קטן מהערך שחישבת בסעיפים הקודמים, מה תהיה תאוצת כל גוף במערכת (קבל ביטוי פרמטרי)?  
 ד. חשב את התאוצה עבור  $m_2 = 1\text{kg}$ .



### תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } m_2 = \frac{m_1 \sin \theta}{2\mu}$$

$$\text{ב. } m_2 = 6.25\text{kg}$$

$$\text{ג. } a_1 = \frac{m_1 g \sin \theta - 2\mu m_2 g}{4m_2 + m_1}, \quad a_2 = \frac{2m_1 g \sin \theta - 4\mu m_2 g}{4m_2 + m_1}$$

$$\text{ד. } a_1 = 2.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}, \quad a_2 = 4.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

# הבסיס התאי

פרק 15 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

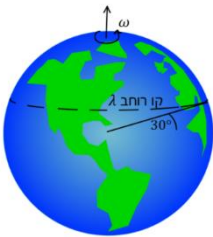
151	1. תיאוריה ודוגמאות.....
155	2. תאוצה זוויתית.....
157	3. תרגילים נוספים.....

## 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?

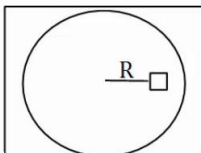
ב. מהי המתוחות בחוט?

### (4) מסה על דיסק



מבט תת מימדי

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?

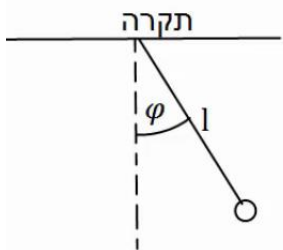
נתון  $\mu_s$ .

**(5) גוף מסתובב במהירות קבועה**

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

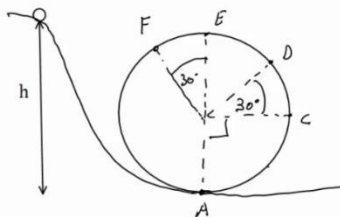
- מהי המהירות הזוויתית של הגוף?
- מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?
- כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

**(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.

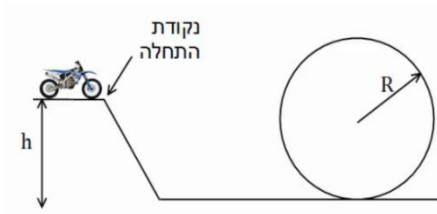
**(7) כדור בלופ**



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  $R = 2\text{m}$ .

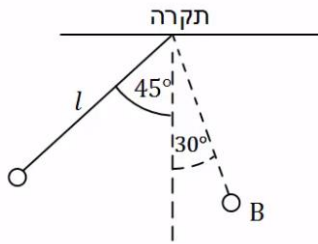
- מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).
- מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.
- מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.
- מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

**(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?

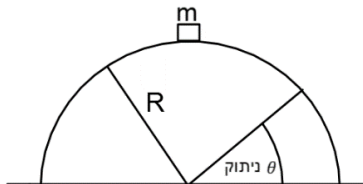
ב. מהי המתחיות בחוט ברגע זה?

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) גוף נע במעגל

גוף נע במעגל בעל רדיוס:  $R = 2\text{m}$  בתאוצה זוויתית קבועה:  $\alpha = 0.1 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$ . הגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.

- מצאו ביטוי למהירות הזוויתית כתלות בזמן.
- מהי המהירות הזוויתית ב- $t = 3 \text{ sec}$ ? מהן המהירות הקווית והתאוצה הרדיאלית באותו הרגע?
- מצאו ביטוי לזווית כתלות בזמן.
- כמה זמן לקח לגוף לעשות סיבוב אחד? כמה זמן לקח לגוף לעשות שני סיבובים?
- מצאו את הדרך שעשה הגוף כתלות בזמן.

#### (2) פטיפון מסובב תקליט בתאוצה זוויתית

פטיפון מתחיל לסובב תקליט ממנוחה בתאוצה זוויתית קבועה של:  $\alpha = 0.2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$ .

- כמה זמן ייקח לתקליט להגיע למהירות זוויתית של:  $0.8 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ?
- כמה "הסתובב" התקליט ב-2 השניות הראשונות? (כלומר מה השינוי בזווית של כל נקודה בתקליט)
- כמה זמן לקח לתקליט להשלים סיבוב?
- כמה זמן לקח לתקליט להשלים 3 סיבובים?
- 5 שניות לאחר תחילת הסיבוב מניחים את המחט במרחק של  $20\text{cm}$  ממרכז התקליט. מה מהירות החלק של התקליט שנוגע במחט באותו הרגע?



**(3) אצן מאיץ במסלול מעגלי**

אצן מתחיל לרוץ ממנוחה במסלול מרוץ מעגלי בעל רדיוס של:  $R = 20\text{m}$ . האצן רץ בתאוצה קבועה ומגיע למהירות של:  $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  תוך עשר שניות.

- מהי התאוצה המשיקית של האצן?
- מהי התאוצה הזוויתית של האצן?
- כמה השתנתה הזווית של האצן במשך עשר השניות?
- מהי התאוצה הרדיאלית של האצן כתלות בזמן?

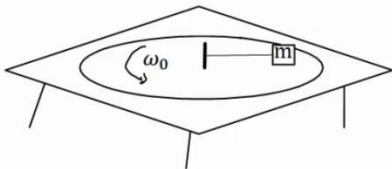
**תשובות סופיות:**

- (1) א.  $\omega(t) = 0.1t$       ב.  $a_r = 0.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ,  $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ,  $\omega = 0.3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$       ג.  $\theta(t) = 0.05t^2$
- (2) א.  $4\text{sec}$       ב.  $0.4\text{rad}$       ג.  $7.9\text{sec}$       ד.  $13.7\text{sec}$
- ה.  $0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$
- (3) א.  $0.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$       ב.  $0.025 \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$       ג.  $12.5\text{rad}$       ד.  $0.0125t^2$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) מסה על דיסק קשורה בחוט



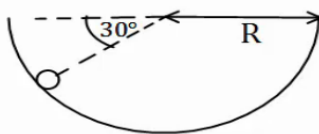
מסה  $m$  נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן. המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן. המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק. נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית  $\omega_0$ . מהי המתיחות בחוט אם אורכו  $L$ ?

#### (2) קרוסלה בלונה פארק



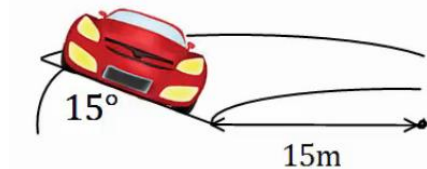
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה. רדיוס "הכתר" הוא  $R = 5m$  אורך כל כבל הוא  $l = 4m$ . הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא  $40^\circ$  מעלות. כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב? שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

#### (3) כדור בקערה כדורית



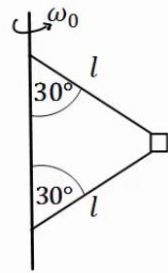
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס  $R$ . מניחים את הכדור בזווית של  $30^\circ$  מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

#### (4) מכונית במחלף



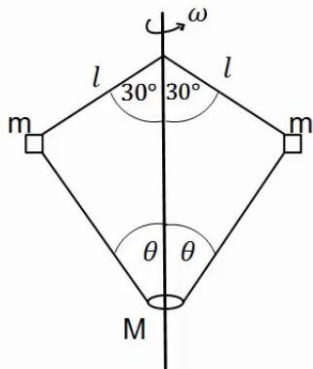
מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא  $15^\circ$  מעלות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא  $15$  מטרים. אם נניח שלמכונית אין חיכוך עם הכביש, מה המהירות בה צריכה לנסוע המכונית על מנת לא להחליק?

**(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 המתחחות בכל חוט?

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



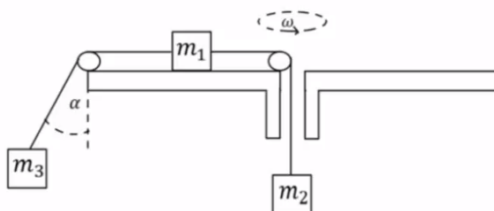
בציור הבא 2 מסות זהות  $m = 200g$  קשורות למוט מסתובב, באמצעות חוטים באורך  $l = 20cm$ .

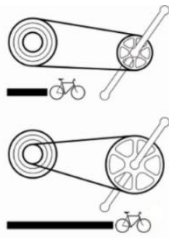
המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה  $M = 0.5kg$ , באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע. החרוז חופשי לנוע לאורך המוט. המוט מסתובב במהירות זוויתית  $\omega = 20 \frac{rad}{sec}$  וכל המערכת איתו. הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור. מהי המתחחות בכל חוט ומהי הזווית  $\theta$ ?

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

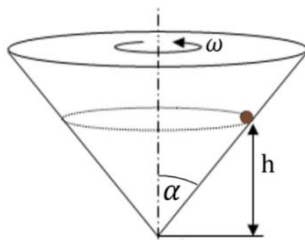
גוף שמסתו  $m_1 = 5kg$  מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית  $\omega = 2 \frac{rad}{sec}$ . הגוף קשור מצד אחד למסה  $m_2 = 3kg$  באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק. מצד שני הגוף קשור למסה  $m_3 = 1kg$  באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית  $\alpha$ , לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק. רדיוס הסיבוב של 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 המתחחות 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) כדור בחרוט מסתובב**

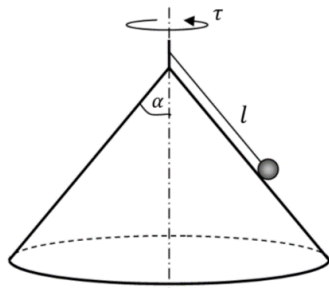
מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש  $\alpha$  במהירות זוויתית  $\omega$ .

כדור קטן מסתובב ביחד עם החרוט בגובה קבוע.

א. הניחו כי אין חיכוך ומצאו מהו הגובה  $h$

כתלות ב-  $\alpha$  וב-  $\omega$ ?

ב. מהו הכוח השקול הפועל על הכדור?

**(10) כדור על חרוט הפוך**

באיור הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחובר לראש החרוט.

מסובבים את החרוט והכדור מסתובב איתו.

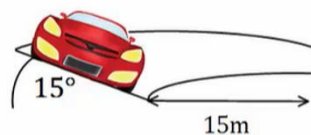
נתונים: אורך החוט  $l$ , חצי זווית הראש של החרוט  $\alpha$  וזמן המחזור של הסיבוב  $\tau$ .

א. מהי המהירות הקווית של הכדור?

ב. מהי המתיחות בחוט ומהו הנורמל?

ג. באיזו מהירות זוויתית יש לסובב את החרוט

על מנת שהכדור יתנתק מן המשטח?

**(11) מכונית במחלף עם חיכוך\***

מכונית נוסעת על מחלף משופע, זווית השיפוע של המחלף היא 15 מעלות ורדיוס הסיבוב הוא 15 מטרים.

מקדם החיכוך הסטטי בין הכביש למכונית הוא 0.3.

מצאו את המהירות המקסימאלית האפשרית עבור המכונית כך שלא תחליק.

הערה: בנסיעה רגילה החיכוך הוא סטטי למרות שהמכונית בתנועה, זה קשור לאפקט שנקרא גלגול ללא החלקה שבו נקודת המגע של הגלגל עם הכביש נמצאת במנוחה רגעית בגלל הסיבוב של הגלגל.



**(12) אופנועים בכדור המוות**

בכדור המוות בקרקס. אופנועים נוסעים במעגל כמעט אופקי. מהי המהירות המינימלית שהאופנועים צריכים לנסוע בשביל להישאר במעגל האופקי אם רדיוס המעגל הוא 12 מטר ומקדם החיכוך הסטטי בין האופנוע למשטח הוא 0.4?

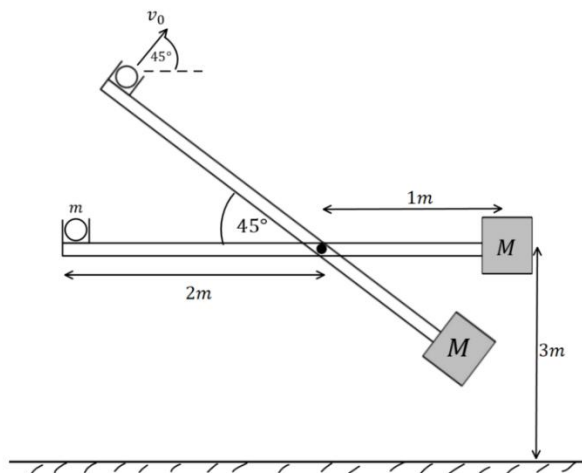
**(13) מתקן לשיגור כדור**

הציור מראה מתקן לשיגור כדור, המורכב ממוט שאורכו 3 מטר שיכול להסתובב סביב ציר אופקי קבוע הנמצא במרחק מטר אחד מקצהו הימני ו-2 מטרים מקצהו השמאלי, כמוראה בציור. הציר קבוע בגובה  $h = 3m$  מהרצפה. הכדור שמסתו  $m = 2kg$  מונח במיכל פתוח הקבוע בקצהו השמאלי של המוט. משקולת שמסתה  $M$  (לא נתונה) קשורה לקצהו הימני של המוט. משחררים את המערכת ממנוחה במצב אופקי והמוט מתחיל להסתובב. קיים מנגנון (אינו מוראה בציור) שעוצר את המוט כשהוא מגיע לזווית של  $45^\circ$  ביחס לרצפה, וזה גורם לקליע לעזוב את המיכל בזווית זו של  $45^\circ$  מעל לרצפה במהירות  $v_0 = 4 \frac{m}{sec}$ . מסת המוט והחיכוך זניחים.

א. מהי מהירות  $M$  זמן קצר ביותר לפני שהמוט נעצר בזווית של  $45^\circ$ ?

ב. מהי מסת המשקולת,  $M$ , הדרושה כדי שהכדור יעזוב את המוט במהירות הנתונה  $v_0$  בזווית הנ"ל?

ג. באיזו מהירות יפגע הכדור ברצפה, אם הוא עוזב את המוט במהירות הנתונה בסעיף א' (זכרו שהציר נמצא 3 מטר מעל הרצפה).



**14) 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  $v_0$ .

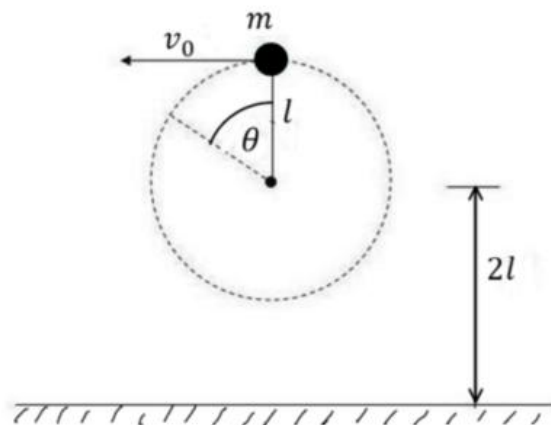
א. מה המהירות המינימלית  $v_0$  הנדרשת כדי שהכדור יבצע תנועה מעגלית שלמה?

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:

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

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

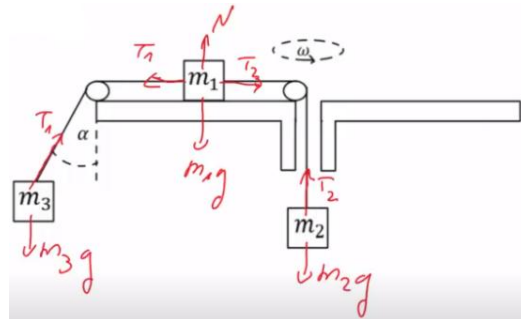
$$v_0 = \sqrt{\frac{3}{2} Rg} \quad (3)$$

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

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

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

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



$$R_3 \approx 5.5m \quad \text{ד.} \quad \alpha \approx 65^\circ \quad \text{ג.}$$

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

$$\sum F = \frac{g}{\tan \alpha} \quad \text{ב.} \quad h = \frac{g}{\omega^2 \tan^2 \alpha} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$N = mg \sin \alpha - m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 l \sin \alpha \cos \alpha \quad \text{ב.} \quad V = \frac{2\pi}{\tau} l \sin \alpha \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$\sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} \quad \text{ג.}$$

$$T = mg \cos \alpha + m\omega^2 a \sin \alpha$$

$$9.6 \frac{m}{\text{sec}} \quad (11)$$

$$17.3 \frac{m}{\text{sec}} \quad (12)$$

$$10.2 \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$8.73 \text{kg} \quad \text{ב.}$$

$$2 \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$0.3 \text{sec} \quad \text{ד.}$$

$$10 \frac{m}{\text{sec}} \quad \text{ג.}$$

$$110^\circ \quad \text{ב.}$$

$$\sqrt{gl} \quad \text{א.} \quad (14)$$

# הבסיס התאי

פרק 16 - עבודה ואנרגיה -

תוכן העניינים

163	1. שימור אנרגיה ומשפט עבודה ואנרגיה.
167	2. חישוב עבודה לכוח לא קבוע.
169	3. הספק ונצילות.
172	4. תרגילים מסכמים.
176	5. תרגילים מסכמים כולל תנועה מעגלית.

## שימור אנרגיה ומשפט עבודה ואנרגיה

### רקע

עבודה של כוח קבוע :

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r} = |\vec{F}| \cdot |\Delta\vec{r}| \cdot \cos \alpha = F_x \Delta x + F_y \Delta y + F_z \Delta z$$

כאשר  $\alpha$  היא הזווית בין הכוח להעתק

הערות :

1. העבודה של כוח שמאונך להעתק (לתנועה) מתאפסת.
2. אם הגוף לא זז אז אין עבודה (לכן העבודה של החיכוך הסטטי היא תמיד אפס).

הקשר בין עבודה כוללת לאנרגיה קינטית :

$$W_{\Sigma F} = \Delta E_k$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

כוח משמר :

1. **העבודה שמבצע הכוח אינה תלויה במסלול.** היא תלויה רק בנקודה בה התחיל הגוף ובנקודה בה סיים הגוף את התנועה.
2. העבודה במסלול סגור מתאפסת.

$$W_c = -\Delta U \quad \text{יש לו אנרגיה פוטנציאלית}$$

$$U_g = mgh \quad \text{האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית}$$

$$U_{el} = \frac{1}{2} kx^2 \quad \text{האנרגיה הפוטנציאלית האלסטית}$$

כאשר  $x$  הוא ההתארכות של הקפיץ ממצב רפוי ו- $k$  הוא קבוע הקפיץ

$$E = E_k + U \quad \text{אנרגיה (מכאנית) כללית :}$$

$U$  היא סכום כל האנרגיות הפוטנציאליות שקיימות בבעיה.

משפט עבודה אנרגיה :  $E_i + W_{NC} = E_f$

$W_{NC}$  העבודה של הכוחות הלא משמרים

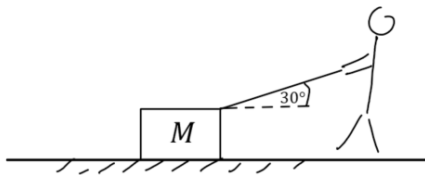
חוק שימור האנרגיה :

אם כל הכוחות משמרים (או העבודה של הכוחות הלא משמרים שווה לאפס) אז האנרגיה הכללית נשמרת

## שאלות

### (1) אדם מושך ארגז

אדם מושך ארגז שמסתו  $M = 5\text{kg}$  באמצעות חבל ובזווית  $30^\circ$  מעלות ביחס לקרקע. מקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא :  $\mu_k = 0.2$ . האדם מושך את הארגז לאורך שני מטרים. הכוח שמפעיל האדם הוא  $80\text{N}$ .



- מהי העבודה שביצע האדם?
- מהי העבודה שביצע כוח החיכוך?
- מהן העבודות שביצעו כוח הכובד והנורמל מהמשטח?
- מהי העבודה הכוללת שנעשתה על הארגז?

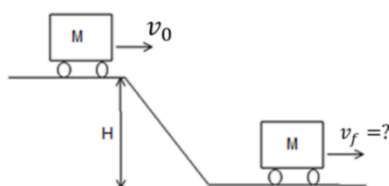
### (2) מהירות הארגז

בדוגמה הקודמת, אדם מושך ארגז, חשב את מהירות הארגז לאחר שהאדם משך אותו 2 מטרים אם ידוע שהוא התחיל ממנוחה.

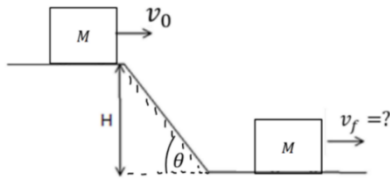
### (3) חישוב עבודה של כוח הכובד

אבן בעלת מסה  $2\text{kg}$  נופלת מגג בניין בגובה 10 מטרים. חשבו את העבודה שביצע כוח הכובד על האבן עד הפגיעה בקרקע. חשבו פעם אחת באופן מפורש דרך המכפלה הסקלרית ופעם נוספת דרך האנרגיה הפוטנציאלית.

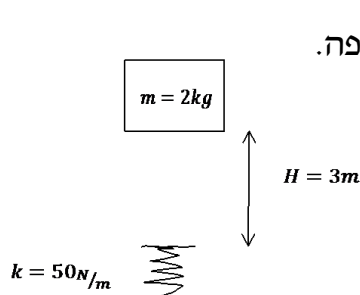
### (4) עגלה במדרון



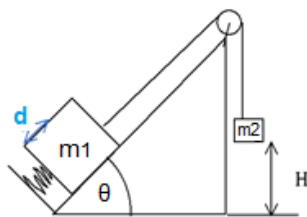
עגלה נעה על משטח ללא חיכוך. העגלה מתחילה במעלה המדרון בגובה  $H$  עם מהירות התחלתית  $v_0$ . מצא את מהירות העגלה בתחתית המדרון. נתונים :  $v_0$ ,  $H$ .

**(5) קופסה במדרון עם חיכוך**

קופסה יורדת במדרון משופע בעל זווית  $\theta$ . הנח כי מהירות הקופסה במעלה המדרון היא  $v_0$  וגובה ההתחלתי הוא  $H$ . מצא את מהירות העגלה בתחתית המדרון. הנח שהחיכוך הוא רק על החלק המשופע של התנועה. נתונים:  $H$ ,  $\theta$ ,  $\mu_k$ ,  $v_0$ .

**(6) מסה נופלת על קפיץ**

קפיץ חסר מסה, בעל קבוע קפיץ של  $50 \frac{N}{m}$ , מחובר לרצפה. משחררים ממנוחה מסה של  $m = 2 \text{ kg}$  הנמצאת בגובה 3 מטר מעל הקפיץ. א. מצא את הכיוון המקסימאלי של הקפיץ. ב. מה הגובה המקסימאלי אליו תגיע המסה לאחר הפגיעה בקפיץ.

**(7) שתי מסות מחוברות, מדרון וקפיץ**

מסה  $m_1$  נמצאת על מדרון משופע בזווית  $\theta$ . המסה מונחת על קפיץ בעל קבוע קפיץ  $k$  המכווץ ב- $\Delta x = d$ . אל המסה קשור חוט העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר למסה  $m_2$  הנמצאת בגובה  $H$  מעל הרצפה. המערכת משוחררת ממנוחה. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של  $m_2$ .

נתון:

$$m_1 = 1 \text{ kg}, m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$H = 3 \text{ m}, k = 100 \frac{N}{m}$$

$$\theta = 30^\circ, d = 30 \text{ cm}$$

### תשובות סופיות

$$W_T = 135J \quad \text{ד} \quad W_N = W_g = 0 \quad \text{ג} \quad W_{fk} = -4J \quad \text{ב} \quad W = 139J \quad \text{א} \quad (1)$$

$$V_F \approx 7.35 \frac{m}{sec} \quad (2)$$

$$W_C = |\vec{F}| \cdot |\Delta\vec{r}| \cos \alpha = 200J \quad , \quad W_C = -\Delta U = -(U_F - U_i) = 200J \quad (3)$$

$$V_F = \sqrt{v_0^2 + 2gH} \quad (4)$$

$$V_F = \sqrt{v_0^2 + 2gH(1 - \mu_k \cot(\theta))} \quad (5)$$

$$mgH = mgh \quad \text{ב} \quad \Delta x = 2m \quad \text{א} \quad (6)$$

$$V = 5.745 \frac{m}{sec} \quad (7)$$

## חישוב עבודה לכוח לא קבוע

רקע

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int (F_x dx + F_y dy + F_z dz)$$

צריך גם משוואה של המסלול

שאלות

### 1) חישוב עבודה במסלולים שונים

חשב את העבודה שמבצע הכוח  $\vec{F} = xx + yxy$  בין הנקודה  $A(0,0)$  לנקודה  $B(2,4)$ :

א. דרך המסלול של הקו הישר המתבר בין הנקודות.

ב. דרך מסלול המקביל לציר ה- $x$  עד לנקודה  $C(2,0)$  ולאחר מכן דרך

המסלול המקביל לציר ה- $y$  עד לנקודה  $B$ .

ג. דרך המסלול  $y = x^2$ .

ד. דרך המסלול  $x(t) = 2t$ ,  $y(t) = 4t^2$ .

### 2) כוח בשלושה מימדים

נתון הכוח:  $\vec{F} = zx^2\hat{x} + xzy\hat{y} + 2yz\hat{z}$ .

א. חשב את העבודה של הכוח דרך המסלול היוצא מהנקודה  $A(1,2,3)$

עד לנקודה  $B(2,3,5)$  כאשר המסלול יוצא מ- $A$  במקביל לציר ה- $Y$

עד לנקודה  $C(1,3,3)$  ולאחר מכן מ- $C$  במקביל לציר ה- $Z$  ועד לנקודה

$D(1,3,5)$  ולאחר מכן מהנקודה  $D$  במקביל לציר ה- $X$  עד לנקודה  $B$ .

ב. חשב את העבודה של הכוח מהנקודה  $A(0,0,-1)$  עד הנקודה  $B(4,4,5)$

לאורך המסלול הנתון לפי המשוואות:  $x(t) = 2t$ ;  $y(t) = t^2$ ;  $z(t) = 3t - 1$ .

**תשובות סופיות**

$$W_{A \rightarrow B} = 2 + \frac{64}{5} \text{ ג.} \quad W_{A \rightarrow B} = 18 \text{ ב.} \quad W_{A \rightarrow B} = \frac{4}{2} + \frac{4 \cdot 8}{3} \text{ א.} \quad (1)$$

$$W_{A \rightarrow B} = 2 + \frac{64}{5} \text{ ד.}$$

$$128\text{J ב.} \quad 26.67\text{J א.} \quad (2)$$

## הספק ונצילות

### רקע

$$P_{avg} = \frac{W}{\Delta t} \quad \text{הספק ממוצע:}$$

$W$  - העבודה

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad \text{הספק רגעי:}$$

$F$  - הכוח ו- $v$  היא מהירות הגוף

$$\eta = \frac{W_{out}}{E_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad \text{נצילות:}$$

כאשר out מציין את החלק המנוצל על ידי המערכת ו in מציין את שכל מה שמושקע.

### שאלות

#### (1) כמה עולה להפעיל מזגן

כמה עולה להפעיל מזגן שההספק שלו 1 כוח סוס למשך שעה אחת?  
יש לבדוק את תעריף חברת החשמל.

**פירוט החיובים / היזכויים**

**חשבון דו-חודשי**

מספר חשבון חוזה: XXXXXXXXXX

גבאי מני

חשבון לתקופה מ- 13/01/2020 עד 15/03/2020

עמוד	חיוב בגין צריכה מחח"י (לא כולל מע"מ)								
	קריאות מונה מספר <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> יגרום הכפלה: 1								
תעריף	סוג קריאה נוכחית	תאריך קריאה נוכחית חודש/יום	תאריך קריאה קודמת חודש/יום	ימים לחיוב	קריאה נוכחית	קריאה קודמת	צריכה בקוט"ש	מחיר לקוט"ש באגרות	סה"כ בש"ח
ביתי	רגילה	15/03	12/01	63	47387	46267	1120	44.84	502.21
							1120		502.21
סה"כ							1120		502.21
סה"כ בגין צריכה							1120		502.21

#### (2) מכונית מאיצה מ-0 ל-100

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)?

#### (3) אופנוע נוסע במהירות קבועה כנגד התנגדות אוויר

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?

4) נצילות של 40 אחוז בדוגמה של המכוננית המאיצה  
 בדוגמה "מכוננית מאיצה מ-0 ל-100" מה ההספק של המנוע אם הנצילות שלו היא 40%?

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

6) 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?



7) הספק כאשר נתון מיקום 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

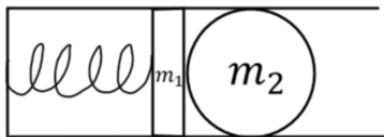
- (1) 45 אגורות.
- (2) א.  $\Delta E_k \approx 385,800\text{J} = W_{\Sigma \vec{F}}$  ב.  $p = 51.7\text{HP}$
- (3)  $p = 11.18\text{HP}$
- (4) 135 כ"ס.
- (5)  $F = 2500\text{N}$ ,  $\bar{p} = 16.76\text{HP}$
- (6) א.  $\Delta t = 3.5\text{sec}$  ב.  $E_{k_1=100\text{J}} = E_{k_2}$  ג.  $W_{1 \rightarrow 2} = 600\text{J}$
- ד.  $W_{3 \rightarrow 2} = 1200\text{J}$  ה.  $p = 97.7\text{W}$
- (7) א.  $W = 144\text{J}$  ב.  $p(t=2) = 56\text{W}$

## תרגילים מסכמים:

### שאלות:

#### 1) קפיץ יורה כדור

הלוע של רובה צעצוע מורכב מקפיץ בעל קבוע  $k$  ובוכנה בעלת מסה  $m_1$ . בטעינה דוחפים כדור בעל מסה  $m_2$  ודורכים את הקפיץ.



הכיוון של הקפיץ הוא  $d$ .

ברגע הירי הקפיץ משוחרר ממנוחה.

א. באיזה רגע הכדור מנתק מגע מהבוכנה?

ב. מהי מהירות הכדור ברגע הזה?

#### 2) כוח כפונקציה של מיקום, קפיץ וחיכוך\*

מסה  $m$  נמצאת על משור אופקי לא חלק ומחוברת לקפיץ בעל קבוע  $k$ .

החל מ- $t = 0$  פועל על המסה כוח התלוי במיקום:  $\vec{F}(x) = (30x^2 - 4x)\hat{x}$ .

כל היחידות בשאלה הן יחידות סטנדרטיות.

ב- $t = 0$  המסה נמצאת בראשית עם מהירות התחלתית  $v_0$  והקפיץ רפוי.

נתונים:  $m = 2\text{kg}$ ,  $k = 10\frac{\text{N}}{\text{m}}$ ,  $\mu_k = 0.3$ ,  $v_0 = 5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

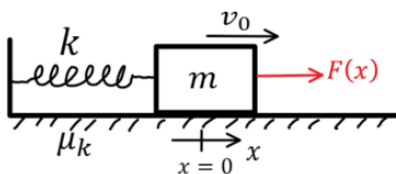
א. רשמו ביטוי לתאוצת המסה כתלות במיקום  $a(x)$ , הנח כי התנועה תמיד

בכיוון החיובי.

ב. מצאו את המיקום בו התאוצה של המסה מתאפסת.

ג. מהי העבודה שביצע הכוח מתחילת התנועה ועד אשר  $x = 0.5\text{m}$ ?

ד. מהי המהירות של המסה כאשר מיקומה  $x = 0.5\text{m}$ ?



**(3) כוח כפונקציה של זמן במישור משופע\***

מסה  $m = 5\text{kg}$  נמצאת על מישור משופע לא חלק.

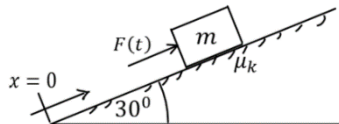
על המסה פועל כוח התלוי בזמן  $F(t)$  שדוחף אותה במעלה המישור.

מהירות המסה ידועה והיא נתונה לפי הפונקציה:  $v(t) = 3t^2 + 2t$ .

מקדם החיכוך הוא:  $\mu_k = 0.2$  ונתון כי:  $x(t=0) = 0$ .

כל היחידות הן יחידות סטנדרטיות.

זווית המישור היא  $30^\circ$  מעלות.



א. (1) היכן נמצא הגוף ב-  $t = 2\text{sec}$ ?

(2) מהו גודל הכוח  $F$  ברגע זה?

ב. מהו מיקום הגוף כאשר תאוצתו היא:  $8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של הגוף ברגע של סעיף ב'?

ד. מהי עבודת הכוח  $F$  מרגע  $t = 0\text{sec}$  ועד ל-  $t = 3\text{sec}$ ?

**(4) קופסה מחליקה על מקטעים ישרים\***

קופסה משוחררת ממנוחה ומתחילה להחליק לאורך מסלול שאינו ידוע,

אך מורכב מקטעים ישרים בלבד.

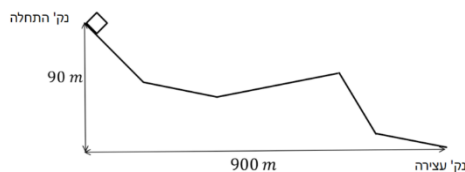
בין הקופסה למשטח עליו היא מחליקה קיים

חיכוך והקופסה נעצרת בנקודה

המרוחקת  $900\text{m}$  אופקית ו-  $90\text{m}$  מתחת

לנקודה בה התחילה.

חשבו את מקדם החיכוך, לא חסרים נתונים.

**(5) שרשרת על גלגלת**

שרשרת בעלת מסה  $M$  ואורך  $L$  מונחת על גלגלת

אידיאלית התלויה מהתקרה.

השרשרת מונחת כך שרבע מהשרשרת בצד אחד של

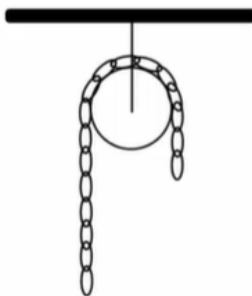
הגלגלת ושאר השרשרת בצד השני.

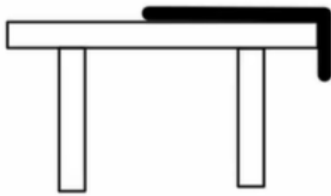
הנח שהחלק על הגלגלת עצמה זניח.

המערכת משוחררת ממנוחה.

מצאו את מהירות השרשרת ברגע שהקצה האחרון

שלה עובר את הגלגלת.





**(6) חבל מחליק משולחן אנרגיה ומשוואת תנועה\***

חבל באורך  $L$  ומסה  $M$  מונח על שולחן חסר חיכוך כך שהקצה של החבל באורך  $d$  נשמט מחוץ לשולחן. החבל מוחזק ומשוחרר ממנוחה.

א. רשמו את האנרגיה הקינטית והאנרגיה הפוטנציאלית במהלך החלקת החבל.

ב. השתמשו בשימור אנרגיה ומצאו את משוואת התנועה של החבל.

ג. השתמשו במשוואת התנועה ומצאו את מהירות החלקת כל החבל מהשולחן למטה.

**(7) חישוב עבודה של כוח במסלול מעגלי ואלפטי**

$$\vec{F} = a(2x + 4y)x + b(4x - 2y)y$$

א. מצא תנאי על  $a$  ו- $b$  כך שהכוח יהיה משמר.

ב. מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך מעגל

המתואר ע"י:  $\vec{r} = R \cos \theta x + R \sin \theta y$  כאשר הגוף מתחיל את תנועתו מהנקודה  $(R, 0)$ .

ג. מצא את העבודה שעושה הכוח על גוף הנע במסלול סגור לאורך אליפסה

המתוארת ע"י:  $\vec{r} = d \cos \theta x + k \sin \theta y$  כאשר הגוף מתחיל את תנועתו מהנקודה  $(d, 0)$ .



**(8) חוט מושך שתי מסות מחוברות בחוט\*\***

חוט חסר מסה באורך  $2L$  מחבר שתי מסות הנעות במישור אופקי ללא חיכוך.

כוח אופקי קבוע ונתון מושך את החוט במרכזו, בכיוון מאונך לחוט.

הנח שהמסות מתנגשות ונדבקות בהתנגשות.

כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות?

## תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. בנקודת הרפיון של הקפיץ.} \quad \text{ב. } V = \sqrt{\frac{kd^2}{m_1 + m_2}}$$

$$(2) \quad \text{א. } a_{(x)} = 15x^2 - 7x - 3 \quad \text{ב. } x = 0.738\text{m} \quad \text{ג. } W = 0.75\text{J}$$

$$\text{ד. } V = 4.64 \frac{m}{s}$$

$$(3) \quad \text{א. (1) } x = 12 \quad \text{(2) } F = 103.7\text{N} \quad \text{ב. } x = 2\text{m} \quad \text{ג. } E_k = 62.5\text{J}$$

$$\text{ד. } W = 3935\text{J}$$

$$0.1 \quad (4)$$

$$(5) \quad V = \sqrt{\frac{3gL}{8}}$$

$$(6) \quad \text{א. } E = \frac{1}{2}MV^2 - \frac{M}{2}g\frac{y^2}{2} \quad \text{ב. } \frac{g}{L}y$$

$$\text{ג. } V(y=L) = \sqrt{\frac{g}{L}(L^2 - d^2)}$$

$$(7) \quad \text{א. } \nabla \times \vec{F} = 0 \Rightarrow a = b \quad \text{ב. } W = R^2(0 - 4a\pi + 4b\pi) \quad \text{ג. } W = k \cdot d(0 - 4a\pi + 4b\pi)$$

$$(8) \quad \Delta E = F \cdot l$$

## תרגילים מסכמים כולל תנועה מעגלית:

### שאלות:

#### (1) תנאי להשלים סיבוב עם החיכוך במישור משופע

גוף בעל מסה  $m$  מחליק על גבי מסילה המתוארת באיור.

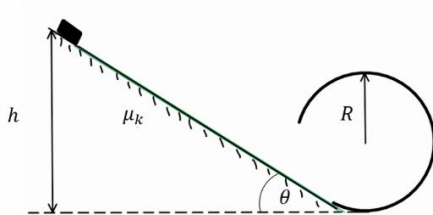
מקדם החיכוך בין הגוף למישור המשופע הוא  $\mu_k$ .

זווית המישור היא  $\theta$ .

החלק המעגלי חסר חיכוך.

מצא את  $h$  הנמוך ביותר עבורו הגוף ישלים

סיבוב בחלק העגול.



#### (2) שני חרוזים על טבעת מתרוממת\*

טבעת בעלת רדיוס  $R$  ומסה  $M$  תלויה מהתקרה

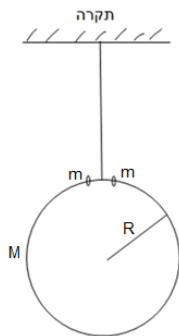
באמצעות חוט. מניחים בקצה העליון של הטבעת שני

חרוזים בעלי מסה  $m$  זהה.

החרוזים מתחילים ליפול ממנוחה לשני צדי הטבעת.

מצא את היחס בין המסות הדרוש על מנת שהטבעת

תתרומם במהלך נפילת הכדורים.



#### (3) מסה מסתובבת על שולחן ונמשכת למרכז\*

מסה  $m$  נעה על שולחן חסר חיכוך בתנועה מעגלית ברדיוס  $R$  ובמהירות  $v_0$ .

חוט קשור אל המסה הולך למרכז השולחן ועובר דרך גלגלת אידיאלית וחור בשולחן.

מושכים את החוט כך שהמסה מתקרבת למרכז.

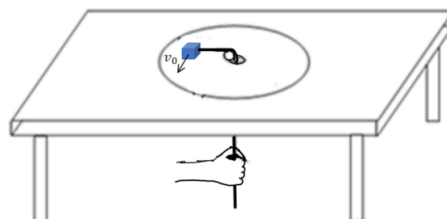
א. מהי המהירות הזוויתית כתלות ב- $r$  (המרחק ממרכז הסיבוב).

השתמשו בשיקולי כוחות בלבד. רמז: אין כוחות בציר  $\hat{\theta}$ .

ב. הוכיחו שהעבודה שהושקעה במשיכת החוט עד לרדיוס  $R_2$  כלשהו הקטן

מ- $R$  זהה לשינוי באנרגיה הקינטית של המסה.

בסעיף זה ניתן להניח שהמהירות הרדיאלית קבועה.



**תשובות סופיות:**

$$h_{\min} = \frac{2.5R}{1 - \frac{\mu_k}{\tan \theta}} \quad (1)$$

$$\frac{m}{M} \geq \frac{3}{2} \quad (2)$$

$$\omega(r) = \frac{v_0 R}{r^2} \quad \text{א.} \quad (3)$$

ב. הוכחה.

## הבסיס התאי

### פרק 17 - תנועה הרמונית

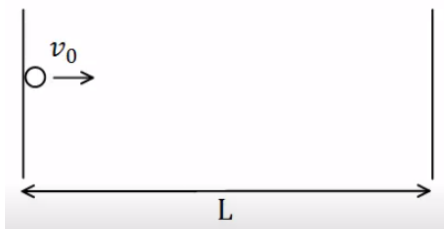
#### תוכן העניינים

178	1. תנועה מחזורית
179	2. תנועה הרמונית
183	3. קפיץ אנכי
184	4. תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע
185	5. אנרגיה בתנועה הרמונית
186	6. מטוטלת מתמטית
(ללא ספר)	7. סיכום הפרק
(ללא ספר)	8. הוכחה לנוסחאות דרך תנועה מעגלית
187	9. תרגילים נוספים

## תנועה מחזורית:

### שאלות:

#### 1) כדור נע בין שני קירות



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

כדור נע בין שני קירות במהירות

התנגשות הכדור עם הקירות היא אלסטית.

המרחק בין הקירות הוא  $L = 6\text{m}$ .

א. חשב את זמן המחזור של התנועה.

ב. דני ראה כי מיקום הגוף

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

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

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

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

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

### תשובות סופיות:

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

## תנועה הרמונית:

### שאלות:

#### (1) דוגמה לחישוב המיקום

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

- מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא:  $0.4\text{m}$  ?  
ברגע מסוים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד. דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.
- מהו זמן המחזור של התנועה?
- מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?
- קבע את ראשית הצירים במרכז התנועה של הגוף, ורשום משוואה המתארת את מיקום הגוף ביחס לראשית, כתלות בזמן שמראה הסטופר של דפנה.

#### (2) מציאת המיקום מהזמן

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

#### (3) מציאת הזמן מהמיקום

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

**(4) חישוב המהירות**

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

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

**(5) חישובי פאזה**

דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית  $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

ובמשרעת  $A = 0.2\text{m}$ .

דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.

- רשום ביטוי למיקום כפונקציה של הזמן שמודד דני.
- צייר גרף של המיקום כתלות בזמן שמודד דני.
- מתי היה צריך דני להתחיל למדוד את הזמן אם הוא רוצה שהפונקציה של המיקום תהפוך להיות פונקציית סינוס?

**(6) חישוב הפאזה מתנאי התחלה**

גוף בעל מסה  $m = 2\text{kg}$  מחובר לקפיץ בעל קבוע  $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , ומתנדנד בתנועה

הרמונית על מישור חלק ואופקי.

- מהי התדירות הזוויתית של התנועה?
- מהם הפאזה והאמפליטודה של הגוף, אם ברגע תחילת הזמן הגוף היה

ב-  $x(t=0) = 0.2\text{m}$ , ובמהירות  $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  בכיוון השלילי?

- רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.
- חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

**(7) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ**

- מסה  $m = 3\text{kg}$  מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ  $k = 9 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , ונמצאת על שולחן אופקי חלק. המסה נמצאת במנוחה (הקפיץ רפוי).
- מסה זהה נוספת נעה במהירות  $v = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  כלפי המסה הנייחת ומתנגשת בה התנגשות פלסטית. הנח כי זמן ההתנגשות קצר מאוד.
- לאחר ההתנגשות שתי המסות נעות בתנועה הרמונית.
- א. מהי תדירות התנועה?
- ב. מה תנאי ההתחלה של התנועה ההרמונית  $(x(t=0), v(t=0))$ ?
- ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

## תשובות סופיות:

א.  $A = 0.2\text{m}$       ב.  $T = 0.5\text{sec}$       ג. תדירות:  $f = 2 \cdot \frac{1}{\text{sec}}$       (1)

תדירות זוויתית:  $\omega \approx 12.57 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$       ד.  $x(t) = 0.2 \cos(12.57 \cdot t)$

א. תדירות:  $f \approx 0.29 \frac{1}{\text{sec}}$ , זמן מחזור:  $T \approx 3.44\text{sec}$       ב.  $d = 0.3\text{m}$       (2)

ג.  $x(t) = 0.3 \cos(1.83 \cdot t)$       ד.  $x(t_1) \approx 0.22\text{m}$

א.  $x(t) = 0.15 \cos(3.87 \cdot t)$       ב.  $x(t_1) \approx 0.06$ ,  $x(t_2) = -0.01\text{m}$       (3)

ג. שיווי משקל:  $t_3 \approx 0.41\text{sec}$ , הקצה השני:  $t_4 \approx 0.82\text{sec}$

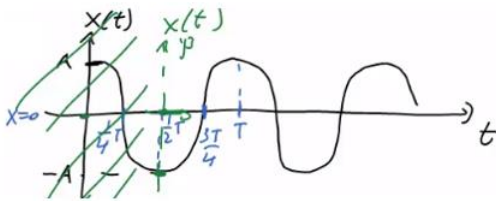
ד.  $\tilde{t}_1 \approx 0.27\text{sec}$ ,  $\tilde{t}_2 \approx 1.35\text{sec}$

א.  $A = 0.4\text{m}$ ,  $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$       ב.  $|v_{\max}| = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       (4)

ג.  $v(t) = -0.8 \cdot \sin(2 \cdot t) \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       ד.  $v(t=2) \approx 0.61 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ,  $E_k \approx 0.09\text{J}$

א.  $x(t) = 0.2 \cos(3 \cdot t + \pi)$       ב. שרטוט:      (5)

ג.  $t_0 = 1.57\text{sec}$



א.  $\omega = \sqrt{2} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$       ב.  $\varphi \approx 1.52\text{rad}$ ,  $A \approx 3.94\text{m}$       (6)

ג.  $x(t) = 3.94 \cos(\sqrt{2} \cdot t + 1.52)$ ,  $v(t) = -5.57 \sin(\sqrt{2} \cdot t + 1.52)$

ד.  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ ,  $A \approx 4.24\text{m}$

א.  $\omega = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$       ב.  $x(t=0) = 0$ ,  $v(t=0) = -6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$       (7)

ג.  $x(t) = 4.90 \cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$

## קפיץ אנכי:

### שאלות:

#### (1) קפיץ אנכי ותוספת מסה

גוף בעל מסה  $m = 1\text{kg}$  תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל

$$\text{קבוע } k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ ואורך רפוי } l_0 = 30\text{cm}.$$

- א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.  
 ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת  $m = 2\text{kg}$  המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?  
 כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של  $d = 8\text{cm}$  ומשחררים אותה ממנוחה.  
 ג. מה תדירות התנועה של המסה?  
 ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.  
 ה. חזור על סעיף ד', אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

#### (2) מסה משוחררת מנקודת רפיון

מסה  $m = 30\text{gr}$  תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע  $k = 1.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

- המסה מוחזקת באוויר בנקודה שבה הקפיץ רפוי ומשוחררת ממנוחה.  
 א. מצא את נקודת שיווי המשקל.  
 ב. מצא את המיקום כתלות בזמן, אם הכיוון החיובי כלפי מטה.

### תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } 0.5\text{m} \quad \text{ב. } 0.9\text{m} \quad \text{ג. } \omega \approx 4.08 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ד. } y(t) = 0.08 \cos(4.08 \cdot t)$$

$$\text{ה. } y(t) = 0.08 \cos(4.08 \cdot t + \pi)$$

$$(2) \quad \text{א. } y_0 = \frac{mg}{k} \quad \text{ב. } y(t) = 0.2 \cos(7.07 \cdot t + \pi)$$

## תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע:

### שאלות:

#### (1) תוספת של כוח קבוע

גוף בעל מסה  $m = 0.2 \text{ kg}$  מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע  $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

הגוף נמצא במנוחה בנקודה שבה הקפיץ רפוי.

ב-  $t = 0$  מתחיל לפעול על הגוף כוח קבוע בכיוון

החיובי  $F = 0.1 \text{ N}$ .

א. מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.

ב. מהי תדירות התנועה?

ג. מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן.

#### (2) כוח מפסיק בפתאומיות

גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ  $k = 5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה  $A = 0.3 \text{ m}$ .

ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע  $F = 2 \text{ N}$  בכיוון החיובי.

א. מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל,

במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.

ב. מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה

והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.

ג. חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.

ד. חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה,

ומהירותו ברגע זה היא  $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

### תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. } 0.025 \text{ m} \quad \text{ב. } \omega = 4.47 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } x(t=0) = -x_0, v(t=0) = 0$$

$$\text{ד. } x(t) = 0.025(4.47 \cdot t + \pi)$$

$$(2) \quad \text{א. } x_0 = -0.4 \text{ m} \quad \text{ב. } \tilde{A} = 0.7 \text{ m} \quad \text{ג. } \tilde{A} = 0.1$$

## אנרגיה בתנועה הרמונית:

### שאלות:

#### 1) חישובי אנרגיה

מסה  $m = 2\text{kg}$  מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע  $k = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

מושכים את המסה מרחק  $d = 0.2\text{m}$  מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.

- רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
- רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
- חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים  $t = 0, 1, 2\text{sec}$ .
- חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

#### תשובות סופיות:

$$1) \quad \text{א. } x(t) = 0.2 \cos(5 \cdot t) \quad \text{ב. } v(t) = 1 \cdot \sin(5 \cdot t)$$

$$\text{ג. } x(t=1) \approx 0.057\text{m}, v(t=1) \approx 0.960 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$x(t=2) \approx -0.168\text{m}, v(t=2) \approx 0.544 \frac{\text{m}}{\text{sec}}; x(t=0) \approx 0.2\text{m}, v(t=0) \approx 0$$

$$\text{ד. } t=0: E_k = 0, U = 1; t=1: E_k = 0.922\text{J}, U = 0.081\text{J}; t=2: E_k = 0.296\text{J}, U = 0.706\text{J}$$

## מטוטלת מתמטית:

### שאלות:

#### 1) חישוב אורך חוט

מצא מה צריך להיות אורך החוט של מטוטלת, על מנת שהזמן שייקח למסה לעבור מקצה אחד לקצה השני יהיה חצי שנייה.

### תשובות סופיות:

$$l \approx 0.25\text{m} \quad (1)$$

## תרגילים נוספים:

### שאלות:

#### (1) תרגיל 1

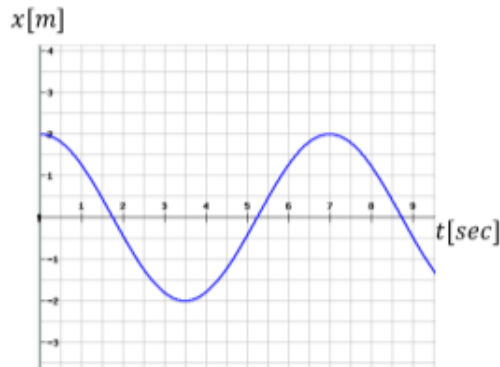
גוף בעל מסה  $m = 20\text{gr}$  מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע  $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , וחופשי לנוע ללא חיכוך. הגוף מתנדנד בתנועה הרמונית כך שהמרחק בין הקצוות של התנועה הוא:  $d = 10\text{cm}$ .

- מהי האפליטודה של התנועה?
- מהי התדירות הזוויתית?
- מהו זמן המחזור?
- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.
- רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

#### (2) תרגיל 2

גוף בעל מסה  $m = 2\text{kg}$  מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע  $k = 4 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של  $d = 0.2\text{m}$  ומשחררים ממנוחה.

- מהי התדירות הזוויתית?
- מהו זמן המחזור?
- מהי האפליטודה של התנועה?
- מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?
- רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.
- חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית  $v_0 = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

**תרגיל 3 (3)**

הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.

- מהי אמפליטודת התנועה?
- מהו זמן המחזור?
- מהי התדירות הזוויתית?
- מהי הפאזה?
- רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

**תרגיל 4 (4)**

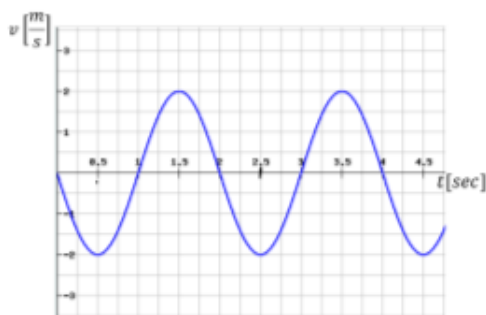
גוף בעל מסה  $m = 1\text{kg}$  מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ  $k = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

הגוף משוחרר ממנוחה במרחק  $d = 0.3\text{m}$  מנקודת שיווי המשקל.

- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.
- מצא את מיקום הגוף ב-  $t = 3\text{sec}$ .
- מהי מהירות הגוף ב-  $t = 3\text{sec}$ .
- מהי תאוצת הגוף ב-  $t = 3\text{sec}$ .

**תרגיל 5 (5)**

מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית נתונה לפי הגרף הבא:



א. מתי מגיע הגוף לנקודת שיווי המשקל

בפעם הראשונה?

ב. האם תאוצת הגוף ב-  $t = 1\text{sec}$

מקסימאלית?

ג. האם ב-  $t = 1.5\text{sec}$  האנרגיה

קינטית מרבית?

ד. מהו הכוח ב-  $t = 2.5\text{sec}$ ?

ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף

ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

**תרגיל 6 (6)**

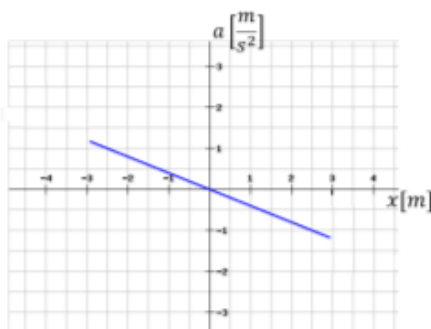
בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות

במיקום של הגוף. מסת הגוף היא  $m = 20\text{g}$ .

א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהי אמפליטודת התנועה?



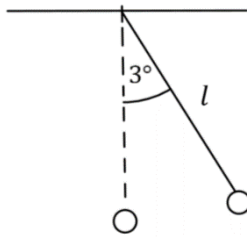
**7 תרגיל (7)**

גוף בעל מסה  $m = 2\text{kg}$  מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ  $k = 40 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ .

ב- $t = 0$  מיקום ומהירות הגוף הם:  $x = 20\text{cm}$ ,  $v = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ .

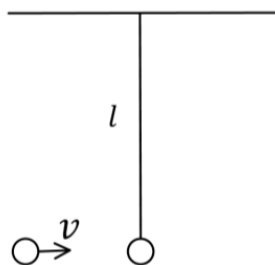
- רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.
- מתי מיקומו של הגוף הוא 5 ס"מ משמאל לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?
- מתי מהירות הגוף היא  $0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$  בכיוון החיובי?
- מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

**8 תרגיל (8)**



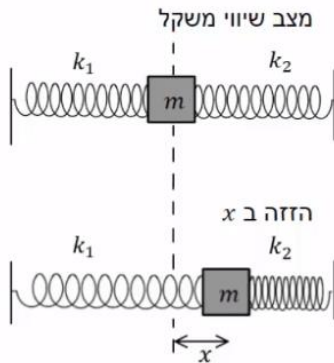
- מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך  $l = 1\text{m}$ , ומסה  $m = 100\text{gr}$  בקצה, משוחררת ממנוחה מזווית של  $3^\circ$ .
- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?
  - כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?
  - מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?
  - בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת  $m = 25\text{gr}$ , הנמצאת במנוחה. מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.
  - מתי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
  - מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?
  - מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

**9 תרגיל (9)**



- מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך  $l = 0.5\text{m}$ , ומסה  $m = 50\text{gr}$  בקצה, תלויה במנוחה. מסה  $m = 25\text{gr}$  נעה אופקית במהירות  $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.
- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנדודות קטנות.
  - כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?
  - מתי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
  - מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

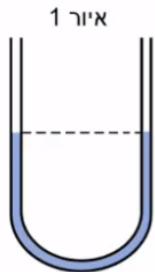
**(10) מסה עם קפיצים משני הצדדים**



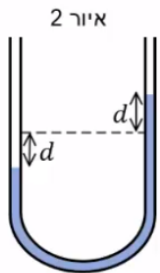
לשני צדדיה של מסה  $m$  מחוברים שני קפיצים שקבועי הכוח שלהם הם:  $k_1$  ו- $k_2$ . הגוף נמצא על משטח חלק. מזיזים את הגוף ימינה מרחק  $x$ .

- א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה הרמונית פשוטה שקבועה הוא:  $k_1 + k_2$ .
- ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

**(11) צינור בצורת U**



בתוך צינור גלילי בצורת האות U מצוי נוזל בשיווי משקל (איור 1). אורך החלק המלא בנוזל הוא  $L$  ושטח החתך לאורך כל הצינור הוא  $A$ . צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח) היא  $\rho$ . נושפים בזרוע השמאלית של הצינור כך שפני הנוזל יורדים בשיעור  $d$ , ומרפים (איור 2).

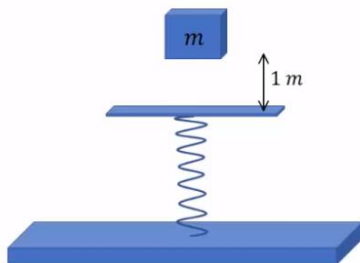


- א. תאר במילים את תנועת הנוזל בהנחה שלא פועלים עליו כוחות חיכוך.
- ב. הראה כי כאשר פני הנוזל נמצאים במרחק  $x$  ממצב שיווי המשקל פועל על הנוזל כוח מחזיר:  $F = -2\rho Agx$ . (הדרכה: חשב את מסת הנוזל העודפת בצד הגבוה ומשם את כוח הכובד שהיא מפעילה על שאר הנוזל).
- ג. בהנחה כי  $x \ll L$  הראה כי זמן המחזור של התנועה

$$T = \pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$$

הוא:

**(12) מסה נופלת על קפיץ אנכי**



קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצידו האחד וללוח אופקי בצידו השני.

קבוע הקפיץ הוא:  $400 \frac{N}{m}$ . מסה של  $m = 2 \text{ kg}$

משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח, המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח. מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.

- א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?
- ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?
- ג. מהי משרעת התנודות?

## תשובות סופיות:

- (1) א.  $A = 0.05\text{m}$     ב.  $\omega \approx 14.14 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ג.  $T \approx 0.444\text{sec}$   
 ד.  $x(t) = 0.05 \cdot \cos(14.14 \cdot t)$     ה.  $v(t) = -0.707 \cdot \sin(14.14 \cdot t)$
- (2) א.  $\omega = 1.41 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ב.  $T \approx 4.44\text{sec}$     ג.  $A = 0.2\text{m}$   
 ד.  $x(t) = 0.2 \cdot \cos(1.41 \cdot t)$     ה.  $v(t) = -0.282 \cdot \sin(1.41 \cdot t)$   
 ו.  $x(t) = 0.212 \cdot \cos(1.41 \cdot t + 0.341)$ ,  $T = 4.44\text{sec}$ ,  $A = 0.212\text{m}$ ,  $\omega = 1.41 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$   
 ז.  $v(t) = -0.299 \sin(1.41 \cdot t + 0.341)$
- (3) א.  $A = 2\text{m}$     ב.  $T = 7\text{sec}$     ג.  $\omega \approx 0.898 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ד.  $\varphi = 0$   
 ה.  $v(t) = -1.80 \cdot \sin(0.898 \cdot t + 0)$
- (4) א.  $x(t) = 0.3 \cos(\sqrt{3} \cdot t)$     ב.  $x(t=3) \approx 0.14\text{m}$   
 ג.  $v(t=3) \approx -0.46 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$     ד.  $a(t=3) = -0.42 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$
- (5) א.  $t = 0.5\text{sec}$     ב. כן.    ג. כן.    ד. 0    ה. 2
- (6) א. כן.    ב.  $k = 0.008 \frac{\text{N}}{\text{m}}$     ג.  $A \approx 3\text{m}$
- (7) א.  $x(t) = 0.22 \cos(\sqrt{20} \cdot t - 0.42)$     ב.  $t_1 = 0.5\text{sec}$     ג.  $t_1 \approx 0.07\text{sec}$
- (8) א.  $\omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ב.  $t \approx 0.5\text{sec}$     ג.  $v_{\max} = 0.165$     ד.  $u = 0.131 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$   
 ה.  $\omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ו.  $\theta \approx 2.35^\circ$
- (9) א.  $\omega = \sqrt{20} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$     ב.  $t \approx 0.35\text{sec}$     ג.  $u = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$     ד.  $\theta = 5.12^\circ$
- (10) א. הוכחה.    ב.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\text{m}}{k_1 + k_2}}$
- (11) א. ראה סרטון.    ב. הוכחה.    ג. הוכחה.
- (12) א.  $\Delta x_{\max} = 0.37\text{m}$     ב.  $f = 2.25 \frac{1}{\text{sec}}$     ג.  $A \approx 0.32\text{m}$

# הבסיס התאי

פרק 18 - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

# הבסיס התאי

פרק 19 - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

192	.....	1. חוק קולון
193	.....	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.

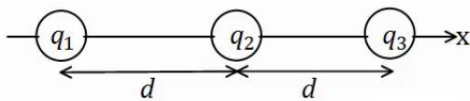
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן:  $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$ .

#### (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.

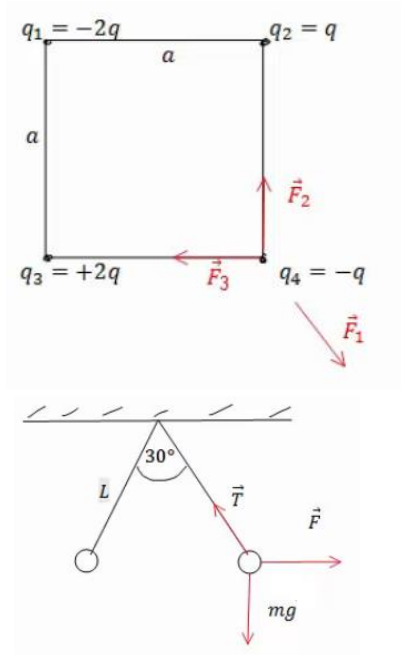
(2) א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב-  $F = 21.6N$ . ב.  $a_1 = -7.2 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ ,  $a_2 = 2.7 \frac{m}{sec^2} \hat{x}$ .

(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

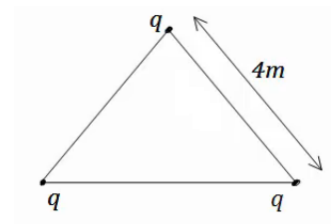
חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.  $a$  ו- $q$  נתונים.

#### (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:  $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = -q_p$ .

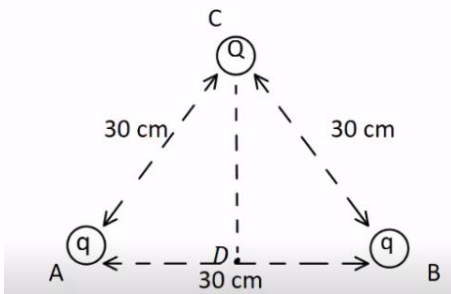


#### (4) מטענים בקודקודי משולש

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**

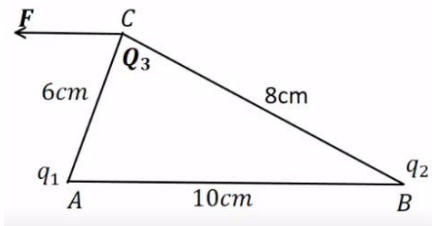


שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא:  $q = 10^{-5} \text{ C}$ , קבועים בנקודות A ו-B באיור. המרחק בין הנקודות הוא 30cm. בנקודה C הנמצאת במרחק של 30cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו 20gr והוא טעון במטען של:  $Q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ .

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.

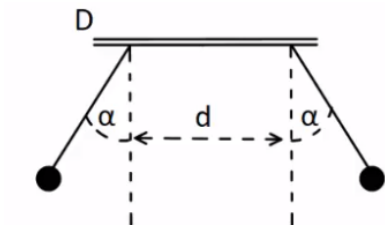
**(6) נחש את סימן המטענים**



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:

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

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

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

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

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

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

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

# הבסיס התאי

פרק 20 - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים ..... 196

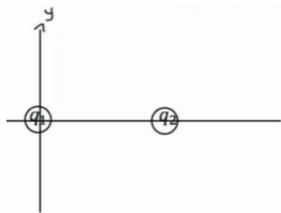
## שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

### שאלות:

#### 1) שדה בשתי נקודות

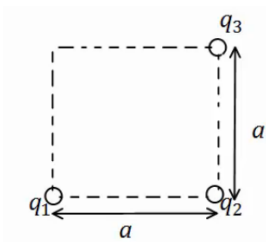
מטען  $q$  נמצא בראשית הצירים.

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

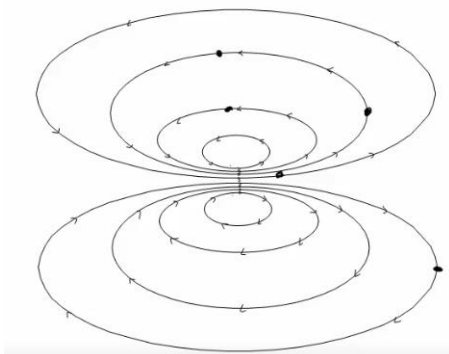


#### 3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

- 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. מסירים את הגוף ושמים במקומו פרוטון, מה יהיה הכוח על הפרוטון? הניחו שהשדה לא השתנה.
- (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.  $(-1,-4)^*$

**12 שני כדורים תלויים בשדה חיצוני**

שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים

באורך:  $L = 8\text{cm}$ .

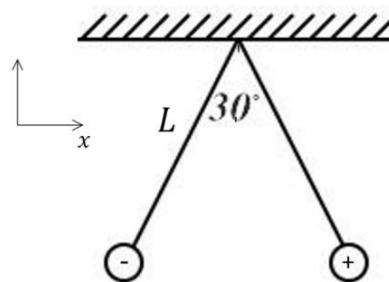
מסת הכדורים זהה ושווה ל-  $4\text{gr}$ , מטעני הכדורים הם:  $6 \cdot 10^{-8}\text{C}$

ו-  $-6 \cdot 10^{-8}\text{C}$ , המטען החיובי על הכדור הימני באיור.

בכל המרחב יש שדה חשמלי אחיד בכיוון ציר  $x$ .

מה צריך להיות גודל השדה כך שהכדורים יהיו במצב שיווי משקל בזווית

של  $30$  מעלות ביניהם?



## תשובות סופיות:

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

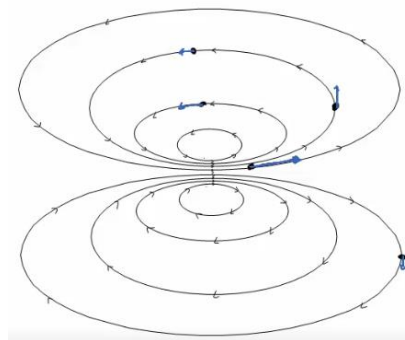
$$\vec{F}_3 = -4 \cdot (1.42 \cdot 10^9 \hat{x} + 4.27 \cdot 10^9 \hat{y}) \quad \text{ד.} \quad \vec{F} = 4.26 \cdot 10^9 \hat{x} + 12.81 \cdot 10^9 \hat{y} \quad \text{ג.}$$

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

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

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

(4)



(5) לא.

(6) כן.

(7) לא.

(8) זהה.

$$\text{א.} \quad 8 \frac{N}{C}, \text{ למעלה.} \quad \text{ב.} \quad 1.28 \cdot 10^{-18} N, \text{ כלפי מעלה.} \quad (9)$$

(10) .

$$x_2 = -6.19 \quad (11)$$

$$\vec{E} = -2.82 \hat{x} - 5.63 \hat{y} \frac{N}{C} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} = 18 \hat{x} + 9 \hat{y} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$\vec{E} = -0.37 \hat{x} - 1.63 \hat{y} \quad \text{ג.}$$

$$4.94 \cdot 10^5 \frac{N}{C} \quad (13)$$

# הבסיס התאי

פרק 21 - חוק גאוס ברמה איכותית בלבד

תוכן העניינים

200 ..... 1. הסבר

## חוק גאוס:

רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \frac{c^2}{N \cdot m^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם  $k$  או עם  $\epsilon_0$ .

השדה של כדור וקליפה כדורית מחוץ לכדור או הקליפה הוא כמו של מטען נקודתי:

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

כאשר:

$Q$  - הוא סך כל המטען

$r$  - הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור

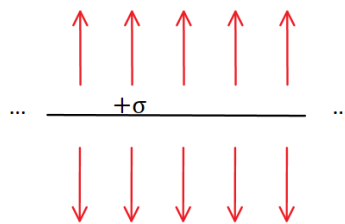
כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נקי)

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

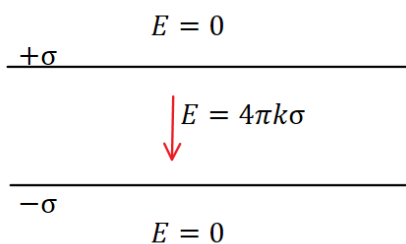
השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

כאשר:



$\sigma$  - היא צפיפות המטען ליחידת שטח במישור ( $\sigma = \frac{Q}{S}$ )  
 כיוון השדה במאונך למישור (החוצה מהמישור עבור מטען חיובי וכלפי המישור עבור מטען שלילי)



השדה של שני מישורים אינסופיים עם צפיפות הפוכה הוא  $4\pi k\sigma$  בין המישורים ואפס מחוץ

השדה של תיל אינסופי:

$$E = \frac{2k\lambda}{r}$$

כאשר :

$$\lambda - \text{ היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל } \left( \lambda = \frac{Q}{L} \right)$$

$r$  - הוא המרחק מהתיל

אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

### שאלות:

#### 1) שתי קליפות קונצנטריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימית הוא

$$R_1 = 3\text{cm} \text{ והמטען עליה הוא } Q_1 = 2\mu\text{C}$$

$$R_2 = 6\text{cm} \text{ הוא החיצונית והמטען עליה הוא } Q_2 = 5\mu\text{C}$$

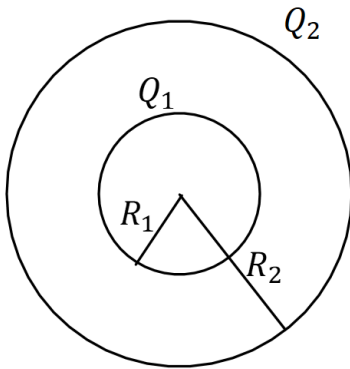
והמטען עליה הוא  $Q_2 = 5\mu\text{C}$ .

א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב. רמז: סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל

$$Q_3 = 0.03\mu\text{C} \text{ הנמצא במרחק } r = 8\text{cm}$$

ממרכז הכדור?



#### 2) שני תיילים מקבילים

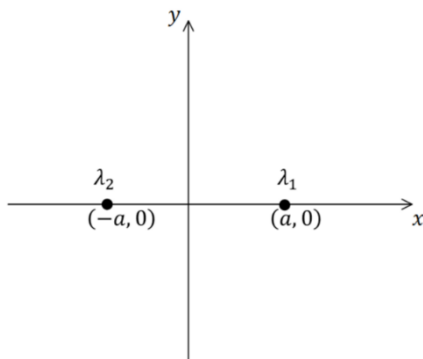
שני תיילים ארוכים מאוד טעונים בצפיפויות

מטען זהות,  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ , מונחים במקביל

לציר  $z$  בנקודות  $(a, 0)$  ו  $(-a, 0)$ .

א. מצאו את השדה בנקודה כלשהיא על ציר ה  $y$ .

ב. חזרו על סעיף א עבור  $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$ .



## תשובות:

א. (1)

$$E = \begin{cases} \frac{63 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 6cm < r \\ \frac{18 \cdot 10^3 \frac{N \cdot m^2}{C}}{r^2} & 3cm < r < 6cm \\ 0 & r < 3cm \end{cases}$$

בכיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בכיוון רדיאלי.

$$\vec{E} = \frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{y} \quad \text{א. (2)}$$

$$\vec{E} = -\frac{4k\lambda y}{y^2 + a^2} \hat{x} \quad \text{ב.}$$

# הבסיס התאי

פרק 22 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים.....203

## הסבר ותרגילים:

### שאלות:

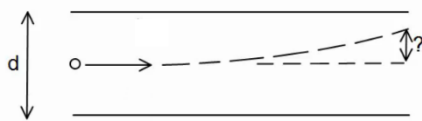
#### (1) מלוח אל לוח

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



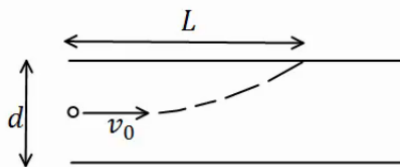
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ. הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.

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:**

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

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

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

# הבסיס התאי

פרק 23 - מוליכים

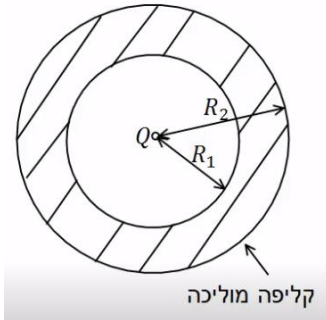
תוכן העניינים

1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)

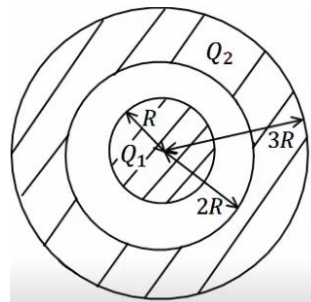
2. תרגילים ..... 205

## תרגילים:

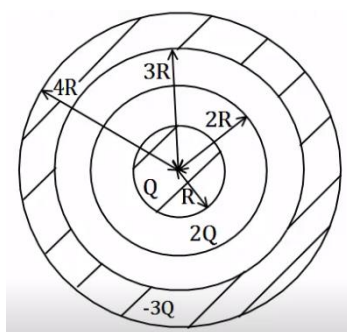
### שאלות:



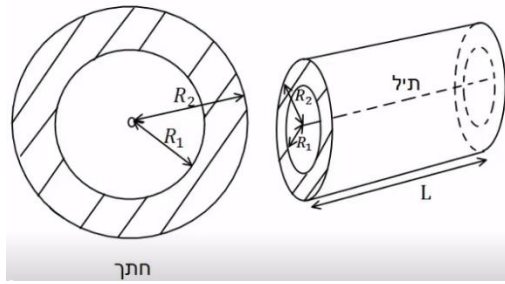
- (1) **מטען נקודתי וקליפה עבה**  
 מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה כדורית מוליכה ועבה. לקליפה רדיוס פנימי  $R_1$  ורדיוס חיצוני  $R_2$ .  
 א. מצא את השדה בכל המרחב אם הקליפה ניטרלית.  
 ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?



- (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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# הבסיס התאי

פרק 24 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

208	1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי
210	2. פוטנציאל ומתח
214	3. פוטנציאל במוליכים
216	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:

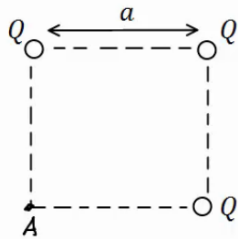
#### (1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות

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  $a = 3 \text{ cm}$ .



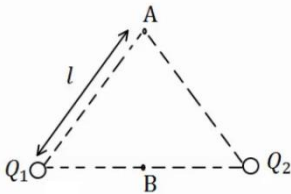
א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. 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  $l = 5 \text{ cm}$ .

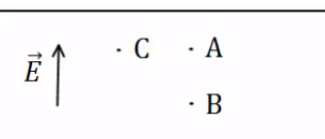


א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. 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.



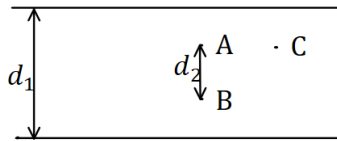
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

ד. 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  $\Delta V = 20\text{V}$  וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.

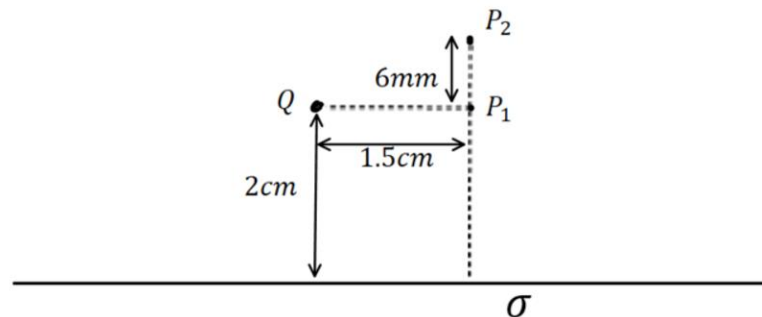
- איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?
- מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?
- מהו המתח  $V_{BA}$  אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו B הוא  $d_2 = 5\text{cm}$ ?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-B?
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען  $Q = 2 \cdot 10^{-6}\text{C}$  מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

### 6) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי

מטען נקודתי  $Q = 3\mu\text{C}$  נמצא בגובה  $2\text{cm}$  מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות

$$\sigma = 8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}.$$

- מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).
- מהי העבודה הדרושה להזיז מטען:  $q = 10^{-10}\text{C}$  מ- $P_1$  ל- $P_2$ . הניחו שהמטען Q והלוח אינם משנים את מיקומם.



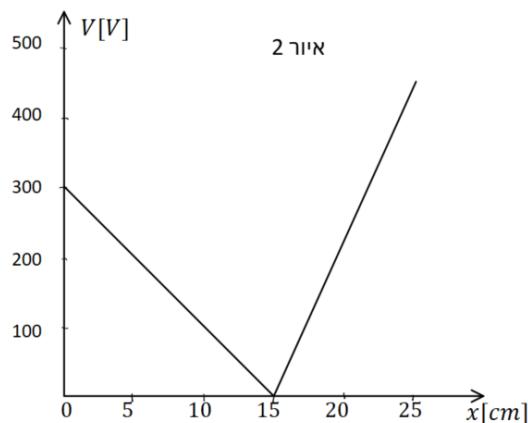
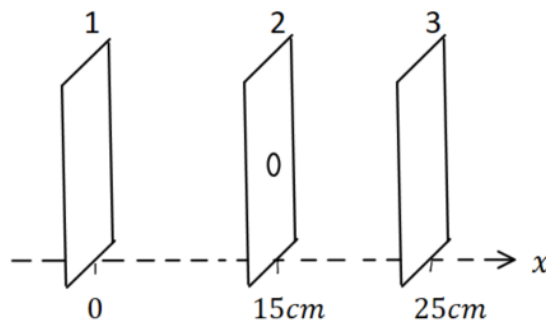
### 7 חישוב שדה ותנועה בין 3 לוחות

- שלושה לוחות גדולים מאוד נמצאים אחד אחרי השני ומקביל כפי שמתואר באיור 1. הלוחות טעונים בצפיפויות מטען (אחידות) שונות.
- הפוטנציאל כתלות במיקום נתון באיור 2.
  - א. חשבו את השדה החשמלי בתחומים:  
 $0 < x < 15 \text{ cm}$  ו-  $-15 \text{ cm} < x < 25 \text{ cm}$

- נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא:  $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$  וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.
- ב. חשבו את  $\sigma_2$  ו-  $\sigma_3$ .

- חלקיק קטן בעל מסה  $5 \cdot 10^{-16} \text{ kg}$  שמטענו  $q$  אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות:  $3 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ .
- ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?
  - ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו? אם לא, היכן ייעצר?

איור 1



## תשובות סופיות:

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

$$V_B = 25.46 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_A = 16.24 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (2)$$

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

$$W_{A \rightarrow B} = 1.8 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (3)$$

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

ב. התחתון. ג. B. ד. הפוטנציאל שווה.

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

$$\text{ב.} \quad E = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ג.} \quad -2.5 \text{ V} \quad \text{ד.} \quad -5 \cdot 10^{-6} \text{ J} \quad \text{ה.} \quad 0$$

$$-4.05 \cdot 10^5 \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V(P_2) = 4.90 \cdot 10^5 \text{ V}, V(P_1) = 8.95 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$E = \begin{cases} 2000 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 0 < x < 15 \\ -4500 \frac{\text{V}}{\text{m}} & 15 < x < 25 \end{cases} \quad \text{א.} \quad (7)$$

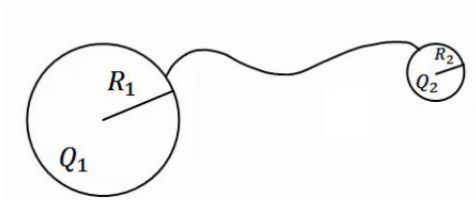
$$q = 7.5 \mu\text{C} \quad \text{ג.} \quad \sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}, \quad \sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{ב.}$$

ד. לא ב-  $x \approx 22_{\text{cm}}$

## פוטנציאל במוליכים:

### שאלות:

#### (1) שני כדורים מוליכים מחוברים



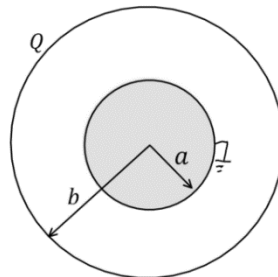
שני כדורים מוליכים בעלי רדיוסים  $R_1$ ,  $R_2$  נמצאים במרחק גדול מאוד אחד מהשני. הכדורים טעונים במטענים  $Q_1$ ,  $Q_2$  בהתאמה. מחברים את הכדורים באמצעות חוט מוליך. מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?

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

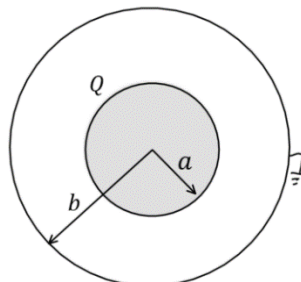
מטען נקודתי  $Q$  נמצא במרכזה של קליפה (חלולה) כדורית דקה ומוליה ברדיוס  $R$ . מהו המטען על הקליפה אם ידוע שהיא מוארקת?

#### (3) כדור בתוך קליפה

קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס  $b$  טעונה במטען  $Q$ . במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס  $a$  המוארק לאדמה. א. מהו המטען על הכדור?



כעת הכדור טעון במטען  $Q$  (ואינו מוארק), והקליפה החיצונית מוארקת. ב. מהו מטענה של הקליפה המוארקת?



**תשובות סופיות:**

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

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

$$\text{ב. } -Q \quad \text{א. } -\frac{a}{b}Q \quad (3)$$

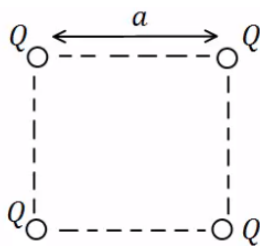
## תרגילים נוספים:

### 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:  $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ .

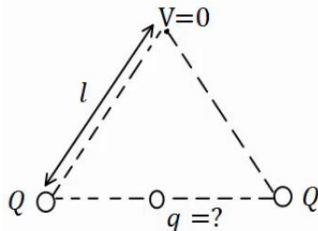
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

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 במרכזה של צלע אחרת במשולש.

#### (4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15V.

א. מהי העבודה להביא מטען שגודלו 1C מהאינסוף לנקודה זו?

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

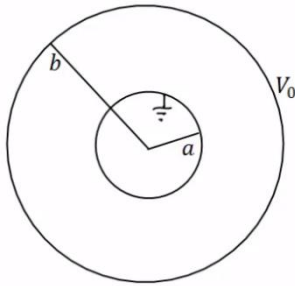
$$q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ c}, m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

**(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  $R_1 = 5\text{cm}$ . נמצא בתוך

ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.

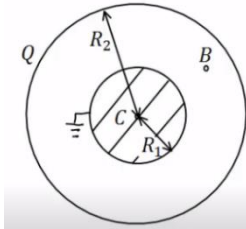
רדיוס הקליפה הוא:  $R_2 = 10\text{cm}$ . והמטען עליה

הוא:  $Q = 3 \cdot 10^{-7}\text{C}$ . מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

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

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

**15) שתי קליפות קונטריות 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.

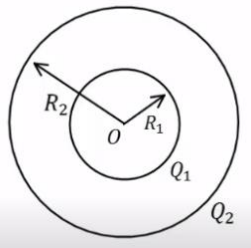
iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

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.



**16) כדור טעון מבודד מול מישור טעון מבודד\***

כדור בעל רדיוס  $R = 3\text{m}$ , מבודד מבחינה חשמלית, טעון על פניו בצפיפות מטען

אחידה:  $\sigma_1 = 5 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ . במרחק  $d = 6\text{m}$  ממרכז הכדור נמצא משטח מישורי

גדול מבודד, הטעון בצפיפות מטען אחידה:  $\sigma_2 = 15 \cdot 10^{-9} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ .

הנקודות  $P_1$  ו- $P_2$  שבציר נמצאות מחוץ לכדור, אך קרוב מאד לשפתו. הישר המחבר את הנקודות  $P_3$  ו- $P_4$  ניצב למשטח ומרוחק  $D = 4\text{m}$  ממרכז הכדור.  $P_4$  היא נקודה מימין למשטח, אך מאוד קרובה אליו. הנקודות  $P_1$  ו- $P_3$  נמצאות בדיוק מעל מרכז הכדור. לעזרתכם: שטח פנים של כדור בעל רדיוס  $R$  נתון ע"י  $4\pi R^2$ .

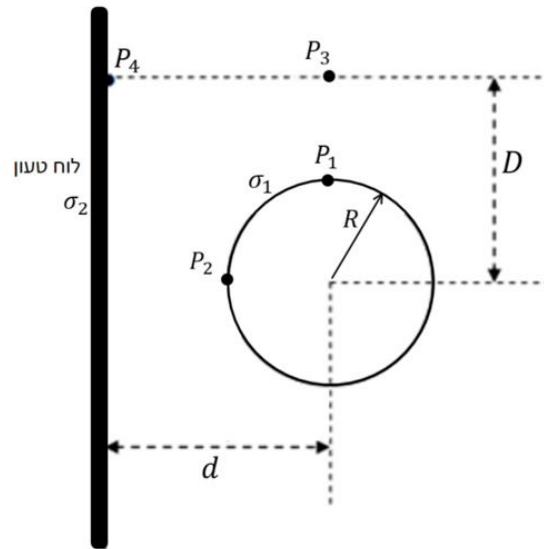
א. מה ערכו של השדה החשמלי השקול בנקודה  $P_2$ ?

ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין הנקודות  $P_1$  ו- $P_2$  בהתאמה?

ג. מטען קטן:  $q = 10^{-9} \text{C}$  נמצא בנקודה  $P_3$ .

מהו ערכו של הכוח החשמלי הפועל על המטען בנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה, כדי להעביר את  $q$  מהנקודה  $P_3$  לנקודה  $P_1$ ?



**17) כדור בתוך קליפה מוליכה עבה\*\***

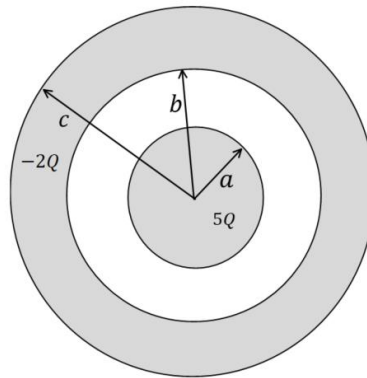
כדור מוליך בעל רדיוס  $a$  טעון במטען חיובי  $5Q$  ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי  $b$  ורדיוס חיצוני  $c$ , הטעונה במטען  $-2Q$ .

לכדור ולקליפה הכדורית יש מרכז משותף.

א. מהו המטען על השפה הפנימית ( $r = b$ ) והחיצונית ( $r = c$ ) של הקליפה הכדורית?

ב. מהו הפוטנציאל החשמלי על השפה הפנימית ( $r = b$ ) והחיצונית ( $r = c$ ) של הקליפה הכדורית? הניחו שהפוטנציאל באינסוף הוא אפס.

ג. מהו הפוטנציאל החשמלי במרכז הכדור ( $r = 0$ )?



## תשובות סופיות:

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

$$W \approx 6.25 \cdot 10^{-4} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad V_A = 20.84 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$W = 4.53 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{ד.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{א. } 90 \cdot \pi \frac{N}{C} \hat{x} \quad \text{ב. } 810\pi V \quad \text{(16)}$$

$$\text{ג. } 270 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N \hat{x} + 101 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N \hat{y} \quad \text{ד. } -3.375 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

$$\text{ב. } V(b) = V(c) = \frac{3KQ}{c}$$

$$\text{א. } (17) \quad q(r=c) = 3Q, \quad q(r=b) = -5Q$$

$$\text{ג. } \frac{5KQ}{a} - \frac{5KQ}{b} + \frac{3KQ}{c}$$

# הבסיס התאי

פרק 25 - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

224	1. הזרם החשמלי
226	2. המתח החשמלי וחוק אוהם
227	3. התנגדות
229	4. כאמ ומתח הדקים
(ללא ספר)	5. סיכום הפרק
230	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  $q_0 = 5c$ .

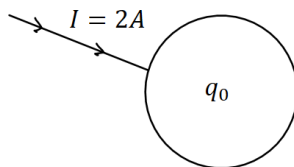
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר

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

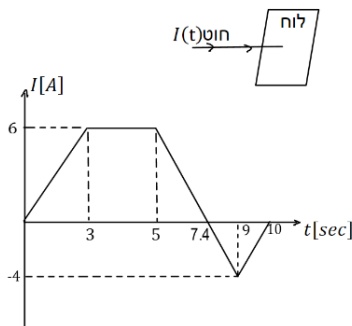
חוט מוליך מחובר ללוח מוליך שאינו טעון ב- $t = 0$ .

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.

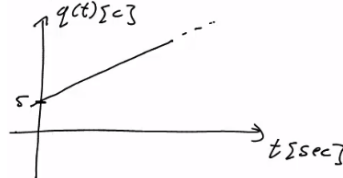
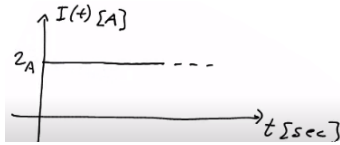
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא:  $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$

מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

**תשובות סופיות:**

א.  $\Delta q = 3600c$  (1)      ב.  $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

א.  $q(t) = 5 + 2 \cdot t$  (2)      ב. .ג.



א.  $\Delta q = 23c$  (3)      ב.  $q(t=5) = 21c$

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

## 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?

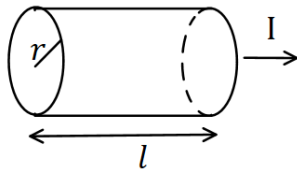
### תשובות סופיות:

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

## התנגדות:

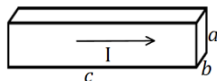
### שאלות:

#### (1) נגד גלילי



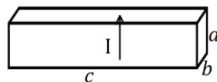
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך  $l = 1\text{m}$  ורדיוס בסיס של  $r = 2\text{mm}$ . הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית  $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).

#### (2) נגד בצורת תיבה



(א)

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



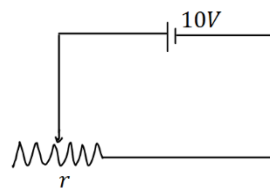
(ב)

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

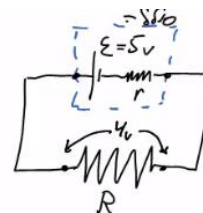
- סוללה מייצרת כא"מ של  $5V$ . לסוללה התנגדות פנימית של  $r = 2\Omega$ . מחברים את הסוללה לנגד חיצוני  $R$  שהתנגדותו אינה ידועה. נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל-  $I = 0.5A$ .
- שרטט תרשים המתאר את המעגל.
  - חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
  - מהי ההתנגדות של הנגד?

### 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?

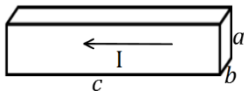
#### (2) תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

#### (3) תרגיל 3

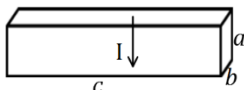
מהי ההתנגדות של גליל ניקל בעל התנגדות סגולית של  $\rho = 7.8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ , שאורכו 20 ס"מ ורדיוסו 3 מ"מ?

#### (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

הוא:  $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$  ?

**תרגיל 7 (7)**

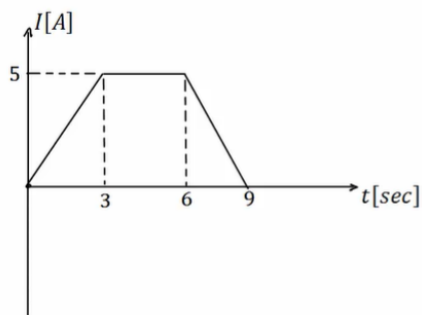
סוללה בעלת מתח  $6V$  מחוברת לנגד משתנה.  
 כאשר אורך הנגד הוא  $l = 6\text{cm}$  הזרם במעגל הוא  $1A$ .  
 מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

**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:**

$$I = 5A \quad (1)$$

$$N = 1.25 \cdot 10^{19} \quad (2)$$

$$R = 5.51 \cdot 10^{-4} \Omega \quad (3)$$

$$R = 3.75 \cdot 10^{-7} \Omega \quad \text{ב.} \quad R \approx 6.67 \cdot 10^{-5} \Omega \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$v_d = 7.35 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec} \quad (5)$$

$$v_d \approx 9.19 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec} \quad \text{ב.} \quad I = 2.5A \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$r = 100 \frac{\Omega}{m} \quad (7)$$

$$V = 3.75V \quad (8)$$

$$\Delta q = 30c \quad (9)$$

# הבסיס התאי

פרק 26 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

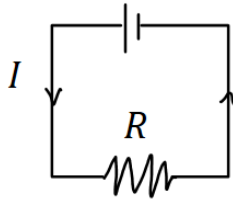
תוכן העניינים

- 232 ..... 1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים
- 233 ..... 2. הספק חשמלי
- 235 ..... 3. תרגילים נוספים

## עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

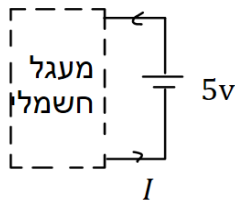
### שאלות:

#### (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



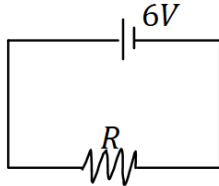
- סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו. המתח בסוללה הוא  $V = 5 \text{ Volt}$  והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא  $I = 0.4A$ .
- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
  - כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

### תשובות סופיות:

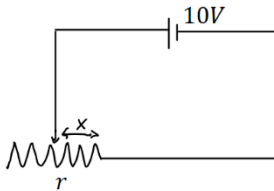
- (1) א.  $\Delta q = 0.9c$     ב.  $V = 9V$     ג.  $W = 8.1J$     ד.  $Q = 8.1J$     ה.  $W = 8.1J$
- (2) א.  $\Delta q = 0.8c$     ב.  $W = 4J$

## 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  $kWh$ ?

## תשובות סופיות:

$Q = 25 \text{ j} / \approx 5.9 \text{ cal.}$	ג.	$\rho = 2.5 \text{ W}$	ב.	$I = 0.5 \text{ A}$	א. (1)
$\rho \approx 15 \text{ W}$	ג.	$\Delta q \approx 16.4 \text{ c}$	ב.	$R = 807 \Omega$	א. (2)
				$\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5$	(3)
				$E = 1.8 \text{ kWh}$	(4)

## הבסיס התאי

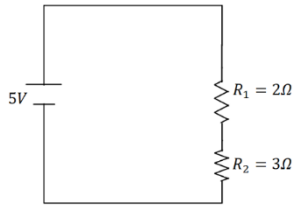
פרק 27 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

תוכן העניינים

237	1. חיבור נגדים במעגל
240	2. חוקי קירכהוף
241	3. תרגילים נוספים
243	4. מקור מתח לא אידיאלי
(ללא ספר)	5. טעינה ופריקה של קבל
245	6. נצילות במעגל החשמלי

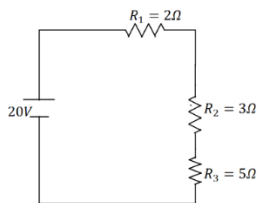
## חיבור נגדים במעגל

### שאלות



#### (1) דוגמה 1

חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).



#### (2) דוגמה 2

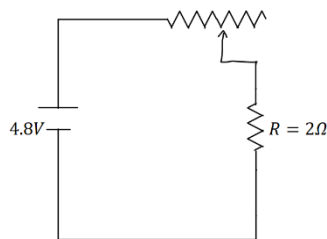
חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

(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?

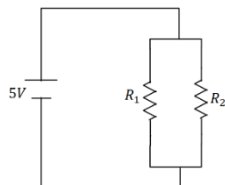


#### (4) דוגמה 4

במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה. אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת

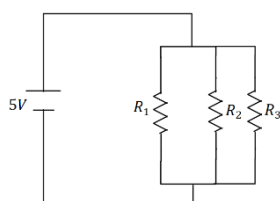
$$\text{אורך היא: } r = 2 \frac{\Omega}{\text{m}}$$

מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?



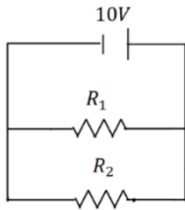
#### (5) דוגמה 5

במעגל הבא:  $R_2 = 2\Omega$ ,  $R_1 = 6\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



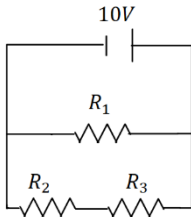
#### (6) דוגמה 6

במעגל הבא:  $R_3 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 2\Omega$ ,  $R_1 = 1\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



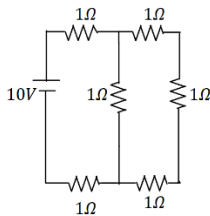
**7 דוגמה 7**

במעגל הבא:  $R_1 = 5\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



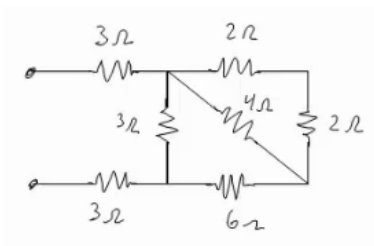
**8 דוגמה 8**

במעגל הבא:  $R_1 = 4\Omega$ ,  $R_2 = 3\Omega$ ,  $R_3 = 1\Omega$  מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



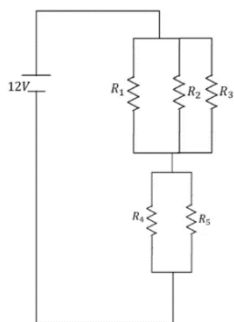
**9 דוגמה 9**

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:



**10 דוגמה 10**

חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.



**11 חישוב הספק מעגל**

נתון המעגל הבא  $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega$ ,  $R_5 = R_4 = 8\Omega$ .

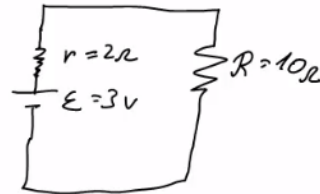
- א. מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.
- ב. חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.
- ג. מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה. האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

**תשובות סופיות**

$$I = 1A, V_3 = 3V \quad (1)$$

$$I = 2A, V_1 = 4V, V_2 = 6V, V_3 = 10V \quad (2)$$

$$V = 2.5V \quad \text{ג.} \quad I = 0.25A \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad (3)$$



$$I = 2A, V_r = 0.8V, V_R = 4V \quad (4)$$

$$I = \frac{10}{3}A, V_1 = \frac{5}{6}A, V_2 = \frac{5}{2}A \quad (5)$$

$$I = 24.5A, I_1 = 14A, I_2 = 7A, I_3 = 3.5A \quad (6)$$

$$I = 5.33A, I_1 = 2A, I_2 = \frac{10}{3}A \quad (7)$$

$$I = 5A, I_1 = 2.5A, I_2 = 2.5A \quad (8)$$

$$I = \frac{40}{11}A, I_1 = \frac{10}{11}A, I_2 = \frac{30}{11}A \quad (9)$$

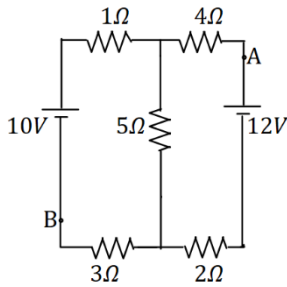
$$R_T = \frac{66+24}{11} \quad (10)$$

$$I_T = 2A, I_1 = I_2 = I_3 = \frac{2}{3}A, I_4 = I_5 = 1A \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad 24W \quad \text{ג.} \quad \text{יקטן.} \quad (11)$$

## חוקי קירכהוף:

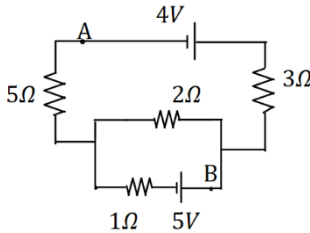
### שאלות:

#### 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.

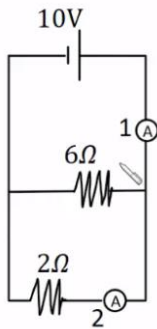
#### 2 קירכהוף תרגיל 2



- 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.  $V_{AB} = 12.49V$

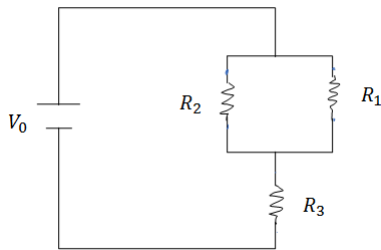
א.  $I_1 = 0.08A$ ,  $I_2 \approx 1.69A$ ,  $I_3 \approx -1.61A$  (2)      ב.  $V_{AB} = -3.79V$

(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)

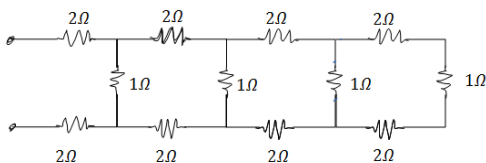
נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה  $R$ .  
 מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.  
 מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

#### 3 תרגיל (3)



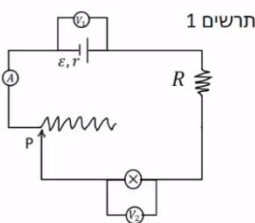
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

#### 4 תרגיל (4)

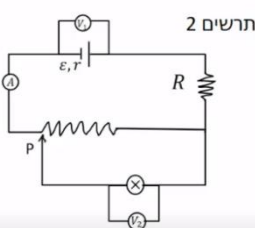


מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:

#### 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:

$$\text{א. } R_T = \frac{31}{5} \Omega \quad \text{ב. } V_3 = 25V, V_{1,2} = 6V, I_1 = 3A, I_2 = 2A \quad (1)$$

$$1) \text{ } \begin{array}{c} R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \\ | \\ \text{---} \\ | \\ R \\ | \\ \text{---} \end{array} \quad , \quad R_{T_1} = 3R, R_{T_2} = \frac{3}{2}R, R_{T_3} = \frac{R}{3} \quad (2)$$



$$I_1 = 2A, I_2 = 4A, I_3 = 9A, V_1 = 2V, V_2 = 8V, V_3 = 27V \quad (3)$$

$$R_T = \frac{169}{204} + 4 \quad (4)$$

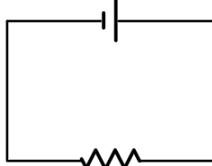
$$\text{א. התנגדות פנימית: } r = 5\Omega, \text{ התנגדות הנורה: } R = 18\Omega \quad (5)$$

ב.  $n = 72\%$       ג. תקטן.      ד. גדל.      ה. ראה סרטון.

## מקור מתח לא אידיאלי:

### שאלות:

סוללה לא אידיאלית



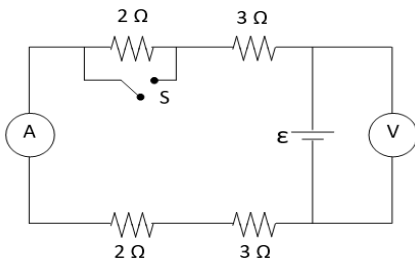
$10\Omega$

#### (1) דוגמה 1

- המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של  $10$  אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא  $1$  אוהם. במעגל 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:  $V = 0$ .

## נצילות במעגל החשמלי:

### שאלות:

#### (1) דוגמה נצילות

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של

$$V = 5V, R_1 = 3\Omega, R_2 = 5\Omega$$

- מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?
- מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?
- מהי הנצילות של המעגל?
- מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

#### (2) מנוע של משאבה

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.

#### (3) מנוע של מכונית

למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס. המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתה 1 טון.

- מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות? הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.
- חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.
- חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות, ביחידות של קלוריות.

### תשובות סופיות:

$$(1) \quad \text{א. בנורה: } I = 1A, \text{ בסוללה: } I = \frac{8}{3}A$$

$$\text{ב. בנורה: } \rho = 5W, \text{ בסוללה: } \rho = \frac{40}{3}W$$

$$\text{ג. } \eta = 37.5\% \quad \text{ד. } 62.5\%$$

$$(2) \quad \text{א. } V = 440\text{Litter} \quad \text{ב. } V = 176\text{Litter}$$

$$(3) \quad \text{א. } v \approx 139 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{ב. } v = 76.2 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{ג. } Q = 124,333\text{cal.}$$

# הבסיס התאי

פרק 28 - קבלים ומעגלי RC

תוכן העניינים

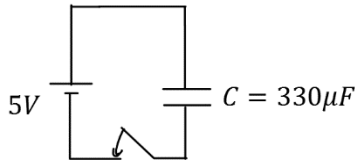
247	.....	1. הרצאות ותרגילים
255	.....	2. תרגילים נוספים

## הרצאות ותרגילים:

### שאלות:

#### (1) קבל ומקור זוגמה 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

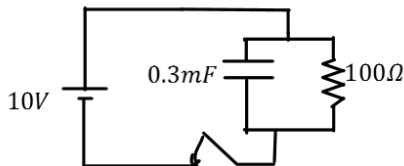
#### (2) מוציאים מטען מהקבל

קבל טעון במטען של  $5\mu\text{C}$ . מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

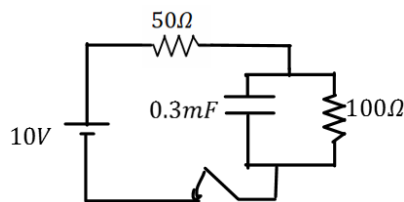
- מצא את הקיבול של הקבל.
- כעת מוציאים  $2\mu\text{C}$  מהמטען על הקבל (ו-  $2\mu\text{C}$  מהצד השלילי).
- מה יראה מד המתח?

#### (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.

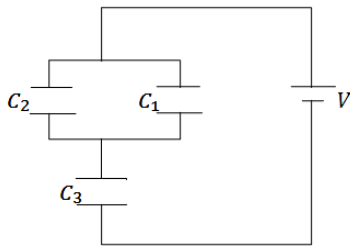


- חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).

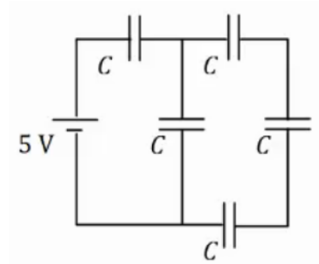
#### (4) חישוב קיבול של קבל לוחות

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  $0.4\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל
  - 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.
  - מצא את הקיבול החדש.
  - מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.
  - 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  $2\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל.
  - מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.
  - מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

**(9) מקרבים את הלוחות**

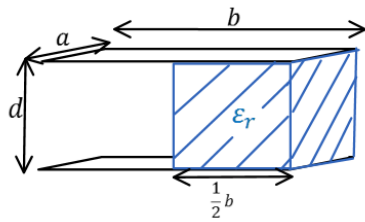
- קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח  $6\text{cm}^2$  ומרחק בין הלוחות  $3\text{mm}$ .
- חשב את הקיבול של הקבל.
  - מחברים את הקבל לסוללה במתח  $5$  וולט.
  - מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?
  - מקרבים את הלוחות הקבל למרחק  $1\text{mm}$ .
  - מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. 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.

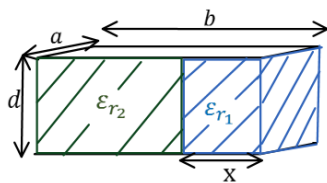
ממלאים את חציו הימני של הקבל בחומר דיאלקטרי

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

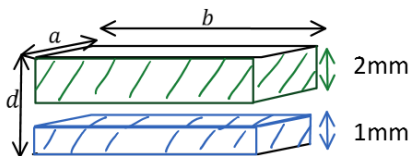
דיאלקטרי בעל מקדם  $\epsilon_{r1} = 4$ , ואת החלק הנותר

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  $\epsilon_{r1} = 4$ .

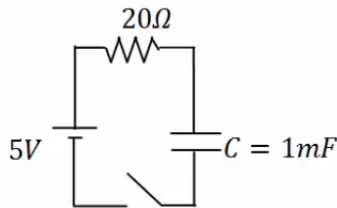
את החלק מגובה  $2\text{mm}$  ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל

מקדם  $\epsilon_{r2} = 2$  (ראה איור).

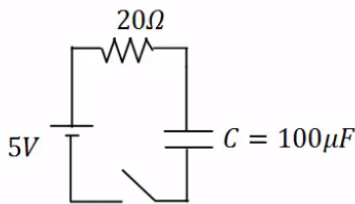
א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח  $V_0 = 5\text{V}$ .

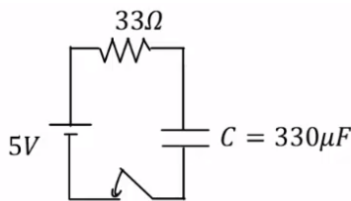
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**(15) טעינה**

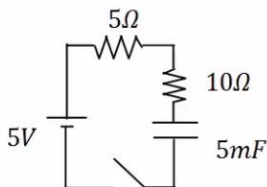
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 1\text{mF}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 20\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?  
 ב. המתח על הקבל באותו הרגע?  
 ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

**(16) זמן אופייני**

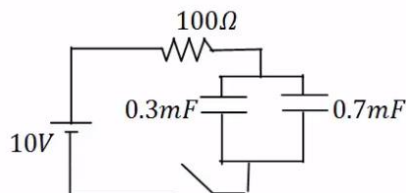
- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 100\mu\text{F}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 100\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

**(17) חישוב זרם**

- במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא:  $C = 330\mu\text{F}$ ,  
 התנגדות הנגד היא:  $R = 33\Omega$  ומתח המקור  
 הוא:  $V_0 = 5\text{V}$ . סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזרם במעגל ב- $t = 0.005\text{sec}$ ?  
 ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

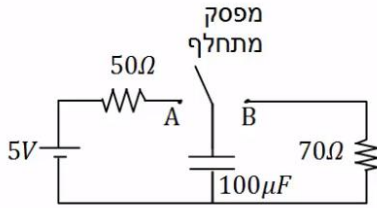
**(18) שני נגדים**

- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?  
 ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים:  $t = 0.01, 0.6\text{sec}$ .

**(19) שני קבלים**

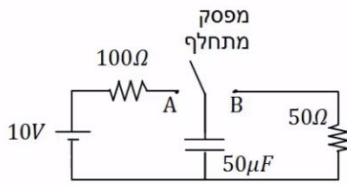
- במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$ .  
 א. מהו הזמן האופייני במעגל?  
 ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל  
 בזמנים:  $t = 0.2, 0.8\text{sec}$ .

**(20) דוגמה מסכמת**



- במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.  
א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן. מהו "זמן רב"?  
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.  
ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

**(21) מתג מתחלף**

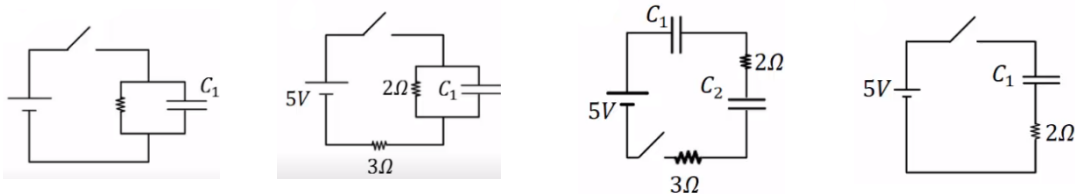


- במעגל הבא מחברים ב- $t = 0$  את המפסק המתחלף לנקודה A.  
ב- $t = 0.01$  מעבירים את המפסק לנקודה B.  
א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.  
ב. מה המטען על הקבל ב- $t = 0.02$ ?  
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.  
ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

**(22) מציאת זרם במספר מעגלים**

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטמים אידיאליים.

- א. ב. ג. ד.



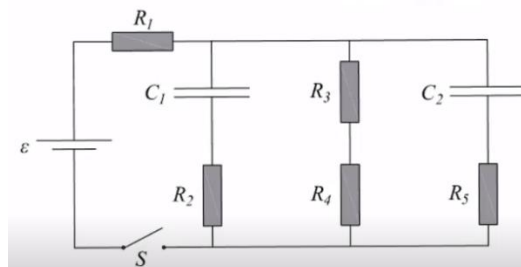
**(23) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב**

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.

- א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?  
ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?  
ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



**תשובות סופיות:**

- א.  $I = 0$       ב.  $|V_c| = 5V$       ג.  $1.65mc$       ד. ללא שינוי.      (1)
- א.  $1.67\mu F$       ב.  $1.8V$       (2)
- א.  $V_c = V_0 = 10V, Q = 3mc$       ב.  $I = 0.1A$       (3)
- א.  $Q = 2.01mc, V_c = 6.7, I = 0.067A$       ב.  $Q = 17.7pC$       (4)
- א.  $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12}F$       ב.  $q_1 = 3\mu C, q_2 = 4.5\mu C, q_3 = 7.5\mu C$       (5)
- א.  $C_{T_1} = \frac{C}{3}, C_{T_2} = \frac{4C}{3}, C_T = 114\mu F$       ב.  $q_1 = q_T = 571\mu C, q_2 = q_3 = q_4 = q_{T_1} = 143\mu C$       (6)
- א.  $V_1 = 2.86V, V_5 = 2.14V, V_2 = V_3 = V_4 = 0.715V$       (7)
- א.  $C = 6.64pF, Q = 19.9pc$       ב.  $Q = 19.9pc$       ג.  $C' = 3.32pF, V' = 6V, Q' = 19.9pc$       (7)
- א.  $C' = 3.32pF$       ב.  $V' = 3V, Q' = 9.96pc$       (7)
- א.  $C = 2.21pF$       ב.  $U_c = 17.68 \cdot 10^{-12}J$       (8)
- א.  $C = 1.77pF$       ב.  $U_c = 22.13pJ$       ג.  $\Delta U = 44.245pJ, U'_c = 66.375$       (9)
- א.  $\Delta U = -14.76pJ, U'_c \approx 7.38pJ$       (9)
- א.  $U_c = 3.6 \cdot 10^{-4}J, Q = 60\mu C, V_c = 12V$       ב.  $Q' = 72\mu C, U'_c = 432\mu J, C' = 6\mu F$       (10)
- א.  $\Delta U = 72\mu J, \Delta Q = 12\mu C$       ב.  $V' = 10V, U_c = 300\mu J$       (10)
- א.  $U_c = 576\mu J, Q = 96\mu F, V_c = 12V$       ב.  $U'_c = 806.4\mu J, Q' = 134.4\mu F, V'_c = 12V$       (11)
- א.  $U'_c \approx 1129\mu J, Q'' = 134.4\mu F, V''_c = 16.8V$       ג.  $\Delta U \approx 323\mu J$       ד. במעבר מסעיף א' ל-ב':  $\Delta U = 230.4\mu J$ , במעבר מסעיף ב' ל-ג':  $\Delta U \approx 323\mu J$       (11)
- א.  $C = 5.31pF$       ב.  $C_T = 10.62pF$       ג.  $U_c = 132.75pJ$       (12)
- א.  $C_T = 61.95pF$       ב.  $U_c = 1548.75pJ, Q = 309.75pc$       (13)
- א.  $C_T = 11.8pF$       ב.  $U_c = 1.475 \cdot 10^{-7}J, q = 59 \cdot 10^{-9}c$       (14)
- א.  $q_c(t) \approx 1.97 \cdot 10^{-3}C$       ב.  $V_c = 1.97V$       (15)
- א.  $V_c = 4.97V$       ג.  $q_c(t = 0.1) = 4.97 \cdot 10^{-3}C$       (15)
- א.  $V_c = V_0 = 5V$       ב.  $q_c = 5 \cdot 10^{-4}C$       (16)
- א.  $I(0.005) \approx 0.096A$       ב.  $P \approx 0.305W$       (17)
- א.  $\tau = 0.075sec$       (18)
- א.  $I(t = \infty) = 0, V_c(t = \infty) = 5V, I(t = 0.01) \approx 0.292A, V_c(t = 0.01) = 0.624V$       ב.  $\tau = 0.1sec$       (19)
- א.  $q_2(t = 0.2) = 6.01 \cdot 10^{-3}C, q_1(t = 0.2) = 2.60 \cdot 10^{-3}C, V_T(t = 0.2) = 8.65V$       ב.  $\tau = 0.1sec$       (19)

$$V_C(t) = 5 \cdot e^{-\frac{t}{7 \cdot 10^{-3}}} \quad \text{ב.}$$

$$V_C(t) = 5V \left( 1 - e^{-\frac{t}{5 \cdot 10^{-3}}} \right) \quad \text{א. (20)}$$

$$q_C(t=0.02) \approx 7.92 \cdot 10^{-6} \text{C} \quad \text{ב.} \quad V_C(t) = \begin{cases} 10 \left( 1 - e^{-\frac{t}{0.005}} \right) & 0 < t < 0.01 \\ 8.65 \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01 < t \end{cases} \quad \text{א. (21)}$$

$$\text{ד. ראה סרטון.} \quad I(t) = \begin{cases} \frac{10}{100} \cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0 < t < 0.01 \\ \frac{8.65}{50} \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1 < t \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$I(t=0) = \infty \quad \text{ד.} \quad I = \frac{5}{3} \text{A} \quad \text{ג.} \quad I = 1\text{A} \quad \text{ב.} \quad I(t=0) = 2.5\text{A} \quad \text{א. (22)}$$

$$I_T = I_1 \approx 4.62\text{A}, I_2 \approx 1.85\text{A}, I_{3,4} = 1.85\text{A}, I_5 \approx 0.92\text{A} \quad \text{א. (23)}$$

$$q_1 \approx 20.58 \cdot 10^{-6} \text{C}, q_2 \approx 41.16 \cdot 10^{-6} \text{C} \quad \text{ג.}$$

$$I_{1,3,4} = 3.43\text{A}, I_{2,5} = 0 \quad \text{ב.}$$

## 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  $d = 1\text{mm}$ .

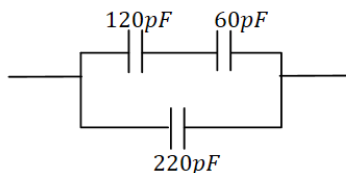
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

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  $5\text{V}$ .

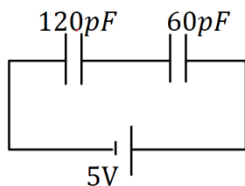
#### (3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



#### (4) תרגיל 4 - חיבור קבלים

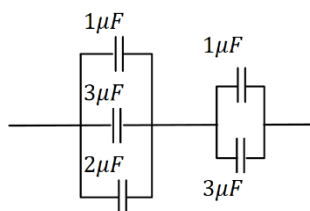
מה המטען והמתח על כל קבל במערכת הבאה (זמן רב לאחר חיבור הסוללה)? ציין איפה המטען החיובי והיכן המטען השלילי בכל קבל.

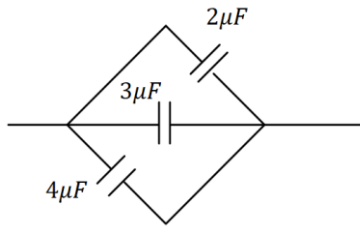


#### (5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

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  $10\text{V}$ .

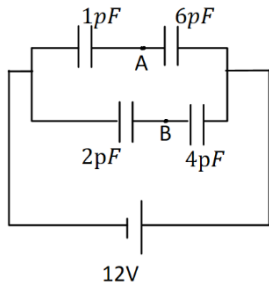




**6 תרגיל 6 - יהלום**

נתונה מערכת הקבלים הבאה :

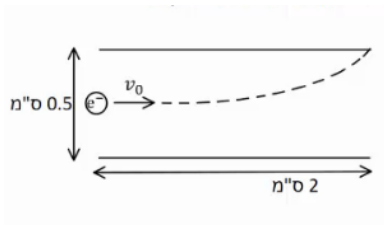
- א. מצא את הקיבול השקול במקרה הבא.
- ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של 10V.



**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

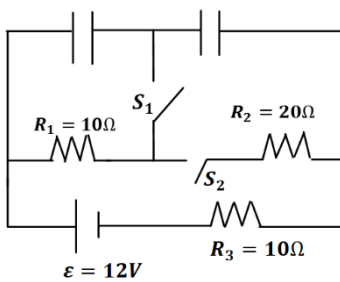
ללוחות, שגודלה  $v_0 = 10^7 \frac{m}{sec}$  (ראה איור).

האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

א. חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).

ב. חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

**תרגילים ברמה ב' :**



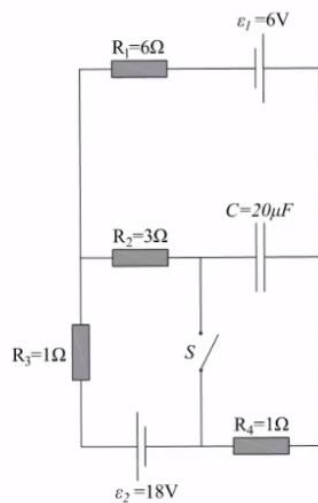
**9 תרגיל 1 - מעגלים חשמליים**

ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

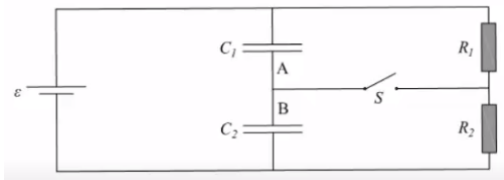
- א. מהו המתח והמטען על כל קבל, כאשר שני המפסקים פתוחים?
- ב. סוגרים את  $S_1$ .  $S_2$  פתוח. מהו המתח והמטען של כל קבל?
- ג. סוגרים את  $S_2$  ופותחים את  $S_1$ . מהו המתח על כל קבל?
- ד. הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

**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.

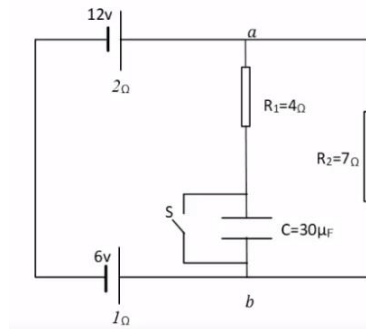
**11) תרגיל 3 - מעגלים חשמליים**

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**

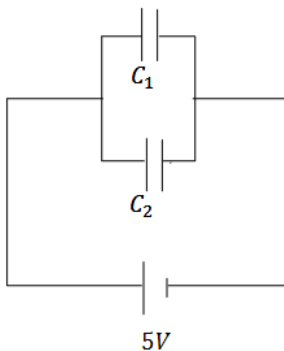
נתונים שני קבלי לוחות  $C_1$  ו- $C_2$ , ששטח כל לוח הוא  $0.02\text{m}^2$ . המרחק בין לוחות קבל  $C_1$  הוא  $1\text{mm}$  והמרחק בין לוחות קבל  $C_2$  הוא  $3\text{mm}$ .

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 המפסק 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.

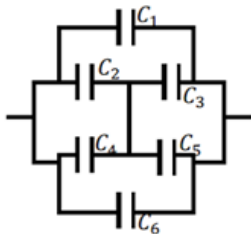
- מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- מהו המתח בין הנקודות  $a$  ו- $b$ ?
- כעת פותחים את המפסק ומחכים זמן רב. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?
- מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?


**14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי**

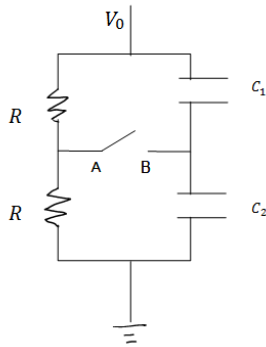
במעגל הבא קיבול הקבלים הוא:  $C_1 = 3\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2\mu\text{F}$ , והמתח בסוללה הוא  $5\text{V}$ . לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור ומחליפים אותו בקבל של  $C_3 = 5\mu\text{F}$ . מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש, לאחר שהמערכת מתייצבת.

**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  $3\text{V}$ . אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק  $3d$ .
- מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.
  - מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.
  - 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.

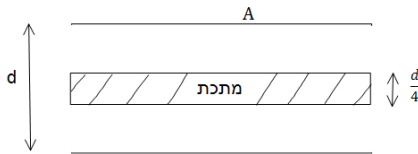


**17) תרגיל 9 - קבלים עם מפסק**

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  $d$  ( $d \ll \sqrt{A}$ ).



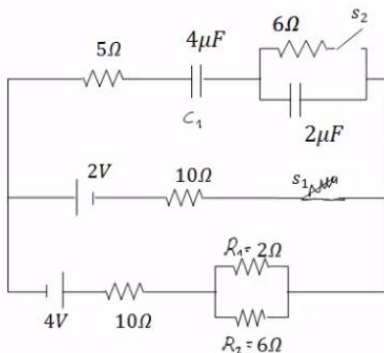
א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

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**



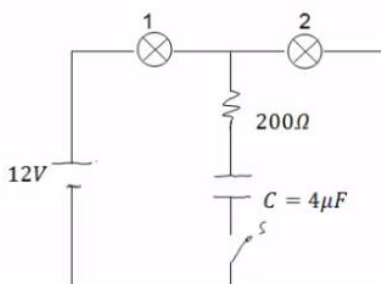
חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

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:

$$Q = 0.3\text{mF} \quad (1)$$

$$Q_A = 17.7\text{pc}, Q_B = 44.25\text{pc} \quad \text{ג.} \quad C' = 8.85\text{pF} \quad \text{ב.} \quad C = 3.54\text{pF} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$C_T = 260\text{pF} \quad (3)$$

$$Q_1 = Q_2 = 200\text{pc}, V_{C_1} = 1.67\text{V}, V_{C_2} = 3.33\text{V} \quad (4)$$

$$C_T = 2.4\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$V_{4,5} = 6\text{V}, V_{1,2,3} = 4\text{V}, Q_1 = 4\mu\text{C}, Q_2 = 12\mu\text{C}, Q_3 = 8\mu\text{C}, Q_4 = 6\mu\text{C}, Q_5 = 18\mu\text{C} \quad \text{ב.}$$

$$V_T = 10\text{V}, Q_1 = 20\mu\text{C}, Q_2 = 30\mu\text{C}, Q_3 = 40\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad C_T = 9\mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$Q_{1,2} = 10.29\mu\text{C}, Q_{3,4} = 16\mu\text{C}, V_1 = 10.29\text{V}, V_2 = 1.71\text{V}, V_3 = 8\text{V}, V_4 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (7)$$

$$V_{AB} = -2.28\text{V} \quad \text{ב.}$$

$$V \approx 35.5\text{V} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V_{C_2} = 0, V_{C_1} = 12\text{V}, Q_1 = 36\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad Q_1 = Q_2 = 24\mu\text{C}, V_1 = 8\text{V}, V_2 = 4\text{V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$Q_{1,2} = 18\mu\text{C}, V_1 = 6\text{V}, V_2 = 3\text{V} \quad \text{ג.}$$

$$V_{C_1} = 6\text{V}, Q_{C_1} = 18\mu\text{C}, V_{C_2} = 3\text{V}, Q_2 = 18\mu\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$q_2 = 36\mu\text{C}, q_1 = 24\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 2.4\text{V} \quad \text{ב.} \quad q_2 = 108\mu\text{C}, q_1 = 72\mu\text{C}, V_1 = V_2 = 10.8\text{V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$|V_s| = 15\text{V} \quad \text{ג.} \quad q_C = 240\mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad I = 3\text{A} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$q = 40.4\mu\text{C} \quad \text{ה.} \quad I_1 = 2.52\text{A}, I_2 = -3.87\text{A}, I_3 = 6.39\text{A} \quad \text{ד.}$$

$$I = 0.8\text{A} \quad \text{ג.} \quad I = 0.8\text{A} \quad \text{ב.} \quad C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10}\text{F}, C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10}\text{F} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10}\text{C}, q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10}\text{C} \quad \text{ד.}$$

$$V_{ab} = 2.756\text{V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.689\text{A}, I_2 = 0.393\text{A} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$q = 1.26 \cdot 10^{-4}\text{C} \quad \text{ד.} \quad I_1 = 0, I = 0.6\text{A} \quad \text{מטה,} \quad \text{ג.}$$

$$q'_3 = 12.5\mu\text{C}, V'_3 = 2.5\text{V}, U = 15.625\text{J} \quad (14)$$

$$U_{C_1} = 15.93 \cdot 10^{-12}\text{J}, U_{C_2} = 47.79 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ב.} \quad V' = 9\text{V} \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$|W| = 31.86 \cdot 10^{-12}\text{J} \quad \text{ג.}$$

$$C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5} \quad (16)$$

$$q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}, q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}, \Delta q = \frac{V_0}{2} (C_2 - C_1) \quad \text{ב.} \quad V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{א.} \quad (17)$$

$$q = CV = \frac{\varepsilon_0 A}{d} V, E = \frac{V}{d}, U = \frac{1}{2} \frac{\varepsilon_0 A}{d} V^2 \quad \text{א. (18)}$$

$$q_1 = q_2 = \frac{4\varepsilon_0 AV}{3d}, E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}, U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\varepsilon_0 A}{3d} V^2 \quad \text{ב.}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{V}{d}, U = \frac{3\varepsilon_0 AV^2}{8d} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{136}{129} \mu\text{C} \quad \text{ג.}$$

$$\frac{12}{43} \text{A} \quad \text{ב.}$$

$$16 \mu\text{F} \quad \text{א. (19)}$$

$$R_1 = 200 \Omega, R_2 = 250 \Omega, V_1 = 5.34 \text{V}, V_2 = 6.68 \text{V}, P_1 = 0.143 \text{W}, P_2 = 0.178 \text{W} \quad \text{א. (20)}$$

$$V_C = 6.68 \text{V} \quad \text{ב.}$$

# הבסיס התאי

פרק 29 - מעגלי זרם חילופין

תוכן העניינים

1. מעגלי זרם חילופין.....262

## מעגלי LC ו-RLC:

רקע:

### מעגל LC:

משוואות המעגל:

$$I = -\dot{q} - \frac{q}{C} + L\ddot{q} = 0$$

(ניתן גם להגיע לאותה משוואה על הזרם)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית פשוטה.

פתרון:

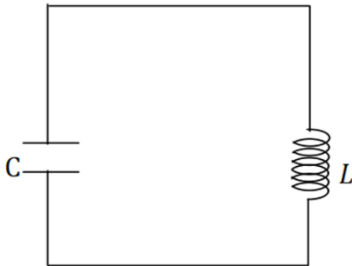
$$q(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \text{ כאשר}$$

האנרגיה האגורה במעגל:

$$E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} LI^2$$

(האנרגיה הכוללת נשמרת)



### מעגל RLC:

משוואת המעגל:

$$I = -\dot{q} - \ddot{q} + \frac{R}{L}\dot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$$

(ניתן גם להגיע לאותה משוואה על הזרם)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית מרוסנת.

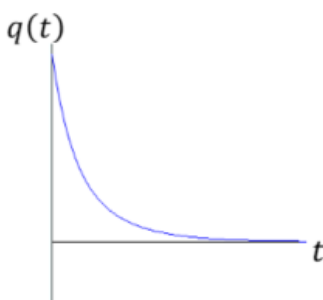
$$\Gamma = \frac{R}{2L} \text{ ו- } \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \text{ נגדיר}$$

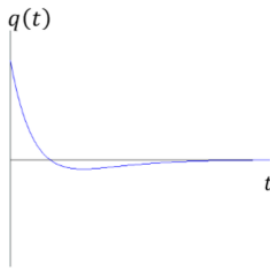
הפתרון מתחלק לשלושה מקרים:

מקרה 1 - ריסון חזק:  $\Gamma > \omega_0$

$$q(t) = Ae^{-\lambda_1 t} + Be^{-\lambda_2 t}$$

$$\lambda_{1,2} = \Gamma \pm \sqrt{\Gamma^2 - \omega_0^2}$$



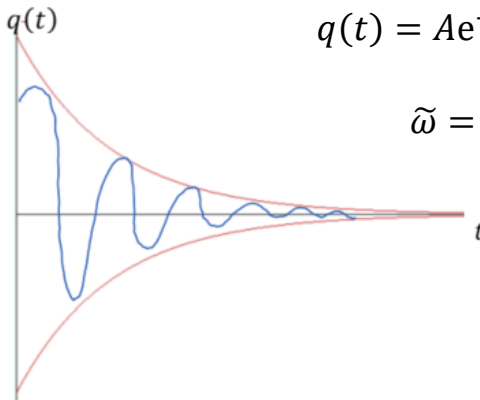


מקרה 2 - ריסון קריטי:  $\Gamma = \omega_0$

$$q(t) = Ae^{-\omega_0 t} + Bte^{-\omega_0 t}$$

בריסון קריטי קצב הדעיכה הוא הגבוה ביותר משלושת המקרים.

מקרה 3 - ריסון חלש:  $\Gamma < \omega_0$



$$q(t) = Ae^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega}t + \varphi)$$

$$\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}$$

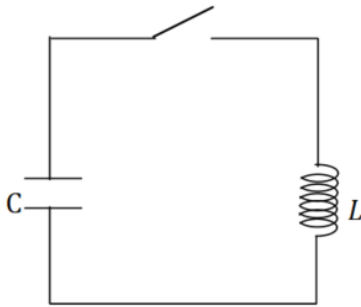
בכל המקרים האנרגיה של המעגל (שאגורה בסליל ובקבל) דועכת בקצב כפול.

$$E \propto e^{-2\Gamma t}$$

(בריסון חזק קבוע הדעיכה הוא  $\lambda$  במקום  $\Gamma$ )

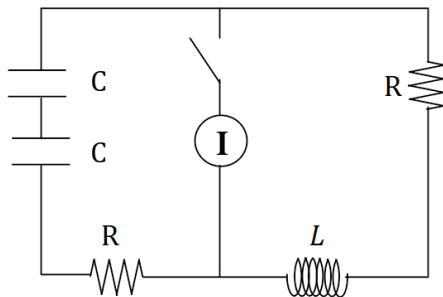
## שאלות:

## LC (1)



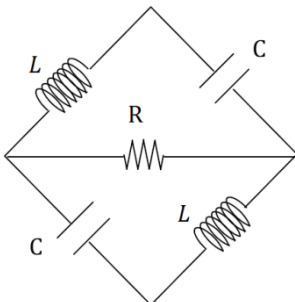
- במעגל הבא  $C = 100\mu\text{F}$  ו- $L = 40\text{mH}$ .  
בהתחלה המתג פתוח והקבל טעון ב- $12\mu\text{C}$ .  
א. מה הזרם במעגל ברגע סגירת המתג?  
ב. מהי התדירות וזמן המחזור של המעגל?  
ג. מתי הזרם מקסימאלי?  
ד. מהי האנרגיה בסליל כתלות בזמן?  
מהי האנרגיה בקבל כתלות בזמן?  
ומהי האנרגיה הכוללת כתלות בזמן?

## RLC עם מקור זרם (2)



- במעגל הבא ישנו מקור המספק זרם קבוע.  
ברגע  $t=0$  סוגרים את המפסק.  
א. מהם הזרמים במעגל כתלות בזמן אם ידוע ש- $R^2C < 2L$ ?  
ב. מצא את המתח כתלות בזמן של המקור.

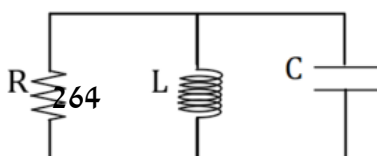
## מעגל RLC יהלום (3)



- במעגל הבא הקבל העליון טעון ב- $t=0$  במטען  $Q$  והקבל התחתון פרוק.  
באותו הזמן גם אין זרם במעגל.  
א. כתוב את המשוואות הדיפרנציאליות עבור ההתפתחות בזמן של המטען על כל אחד מהקבלים.  
ב. פתור את המשוואות בצורה כללית (אין צורך להציב את תנאי ההתחלה).  
הדרכה: בצע החלפת משתנים ל- $q_1 - q_2 = q_+$  ו- $q_1 + q_2 = q_-$ .  
ג. מהם הזרמים בנגד ובקבל לאחר זמן רב? כמה אנרגיה תהפוך לחום מ- $t=0$  ועד זמן רב מאוד?

## סליל נגד וקבל במקביל (4)

- קבל בעל קיבול  $C$ , סליל בעל השראות  $L$  ונגד  $R$  מחוברים במקביל.



- א. נתון כי ב- $t=0$  המטען על הקבל הוא  $q_0$ .  
 הראו כי המטען על הקבל כתלות בזמן  
 מקיים את המשוואה:  $\ddot{q} + \frac{\dot{q}}{RC} + \frac{q}{LC} = 0$ .
- ב. הראו כי  $q(t) = q_0 e^{-\alpha t} \cos(\omega t)$  הוא פתרון  
 למשוואה ומצאו מה הערכים של  $\alpha$  ו- $\omega$  כפונקציה של  $L, R$  ו- $C$ .
- ג. הראו כי אם אמפליטודת המטען במעגל יורדת לחצי לאחר  $n$  מחזורים  
 אז:  $\frac{\sqrt{\omega_0^2 - \omega^2}}{\omega} = \frac{\ln 2}{2\pi n}$  כאשר  $\omega_0$  היא תדירות התהודה של המעגל.

## מעגלים עם מקור מתח חילופין

רקע:

משוואת המעגל:

$$I = \dot{q} - \ddot{I} + \frac{R}{L} \dot{I} + \frac{1}{LC} I = -\omega V_0 \sin(\omega t)$$

(ניתן גם להגיע למשוואה דומה עבור המטען)

המשוואה היא משוואה של תנועה הרמונית מאולצת.

פתרון המשוואה:

$$I(t) = I_{max}(\omega) \cos(\omega t + \varphi) + \text{פתרון הומוגני}$$

הפתרון ההומוגני הוא הפתרון של מעגל RLC והוא דועך בזמן.

הפתרון הפרטי נקרא הפתרון של המצב העמיד (לאחר זמן רב) בד"כ מתייחסים רק אליו.

$$I_{max}(\omega) = \frac{V_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C} - \omega L\right)^2 + R^2}}$$

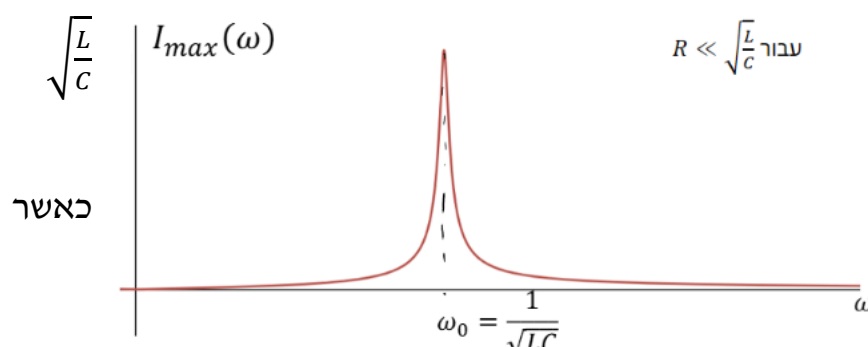
$$\tan \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - \omega L}{R}$$

תהודה:

מצב שבו  $I_{max}(\omega)$  מקסימאלי.

- שימו לב,  $I_{max}$  הוא אמפליטודת הזרם במעגל עם מקור בעל תדירות  $\omega$  מסוימת. תהודה מדברת על איזה תדירות צריך שתהיה למקור כך שהאמפליטודה הזו תהיה הכי גבוהה שאפשר.

- בשביל למצוא את תדירות התהודה במקרה כללי צריך לגזור את  $I_{max}$  לפי  $\omega$  ולהשוות לאפס.



עבור  $R \ll \sqrt{\frac{L}{C}}$

עבור  $R \ll$

מקבלים  
אמפליטודה  
מקסימאלית

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

**פתרון עם מספרים מורכבים :**

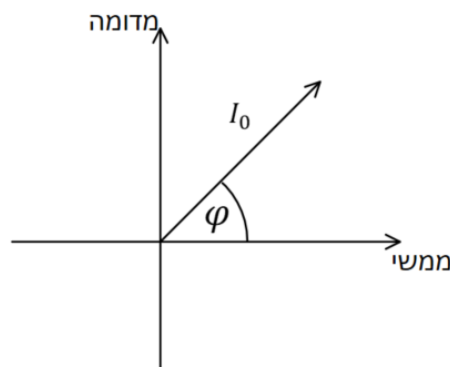
אם כל המשתנים הם פונקציות מהצורה  $A \cos(\omega t + \varphi)$  והמשוואות שלנו לינאריות. אז יותר נוח לעבוד עם מספרים מורכבים.

$$I(t) = I_0 \cos(\omega t + \varphi) = \text{Re}\{\tilde{I}(t)\}$$

$$\tilde{I}(t) = I_0 e^{i(\omega t + \varphi)}$$

(בדרי"כ לא רושמים את הגל)

בעבודה עם מספרים מורכבים אפשר להוריד את התלות בזמן

**פאזור :**

תאור של המספר המורכב באמצעות וקטור במערכת דו מימדית.

הפאזור מסתובב בזמן אבל בדרי"כ מסתכלים רק על הפאזור ב  $t=0$

**עכבה Impedance :**

$$Z = \frac{\tilde{V}}{\tilde{I}}$$

תכונה שתלויה רק במבנה (קבועה)

הפאזה של העכבה היא הפאזה של המתח ביחס לזרם ברכיב

$$\varphi_Z = \varphi_V - \varphi_I$$

הגודל של העכבה

$$|Z| = \frac{V_{max}}{I_{max}}$$

הרכיב	העכבה של הרכיב Z	הפאזה של המתח ביחס לזרם ברכיב המתח והזרם בנגד הם באותה הפאזה
נגד	R	בסליל המתח מקדים את הזרם ב $\frac{\pi}{2}$
סליל	$i\omega L$	בקבל המתח מפגר אחרי הזרם ב $\frac{\pi}{2}$
קבל	$\frac{1}{i\omega C}$	

ניתן לחבר עכבות בדיוק כמו חיבור של נגדים ולקבל את העכבה הכוללת של המעגל

$$\tilde{V}_S = Z_T \tilde{I}_S$$

כאשר  $\tilde{V}_S$  ו- $\tilde{I}_S$  הם הזרם והמתח של המקור (בייצוג המורכב)

### ערכי RMS:

ממוצע של ריבוע הגודל בזמן

$$V_{RMS} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}, \quad I_{RMS} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

### הספק רגעי:

$$P(t) = V(t)I(t)$$

לשים לב שההספק הרגעי הוא לא גודל לינארי ולכן אי אפשר לחשב אותו באמצעות הייצוג המורכב של המתח והזרם.

### הספק ממוצע:

$$\bar{P} = \frac{V_{max} I_{max}}{2} \cos \varphi = V_{RMS} I_{RMS} \cos \varphi$$

כאשר  $\varphi$  היא הפאזה של המתח ביחס לזרם

$\cos \varphi$  הוא מקדם/גורם ההספק. מצביע על ניצול האנרגיה במעגל

## שאלות:

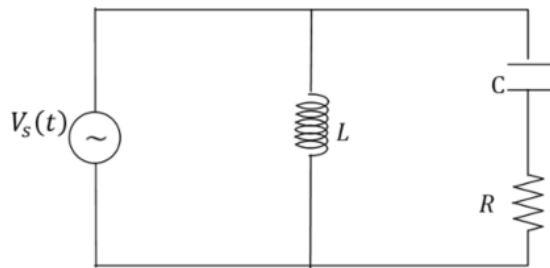
## 5 קבל ונגד בטור ובמקביל לסליל

במעגל הבא נתון:

$$R = 50\Omega, L = 30mH, V_s(t) = 3 \cos(10t)$$

$$C = 300\mu F$$

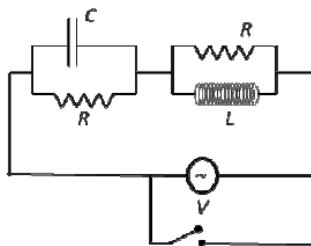
- מהי העכבה הכוללת של המעגל?
- מהי הפאזה של המתח של המקור ביחס לזרם במקור?
- רשמו את פונקציית הזרם במקור כתלות בזמן.
- רשמו את הזרם בסליל כתלות בזמן.
- רשמו את המתח על הקבל כתלות בזמן.



## 6 מקור, סליל ונגד בטור עם קבל ונגד

במעגל הבא נתונים:  $R, C, L$  ומתח המקור

$$V(t) = V_0 \cos(\omega t)$$



- מהי העכבה הכוללת של המעגל?
- עבור איזה תדר של המקור אין הפרש מופע בין הזרם למתח?
- מקצרים את המקור, ונתון המטען ההתחלתי על הקבל  $Q_0$ .
  - עבור אילו ערכים של  $R$  תהיה דעיכה ללא תנודות?
  - מה הזמן האופייני לאיבוד אנרגיה?

## 7 מעגל טורי עם שני קבלים

במעגל הבא נתון:

$$I(t) = 4 \cos(2000t + \varphi), (2000t)$$

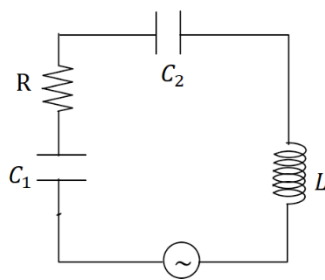
$$C_1 = 100\mu F, L = 10mH, R = 10\Omega$$

המתח והזרם בוולט ואמפר

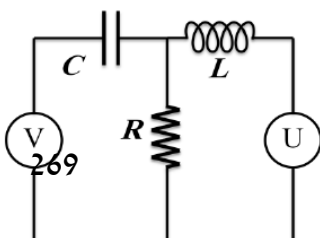
א. מצאו את הקיבול  $C_2$ .

ב. מצאו את הפאזה של הזרם.

ג. מצאו את ההספק הממוצע של המקור.



## 8 שני מקורות סליל וקבל במקביל לנגד

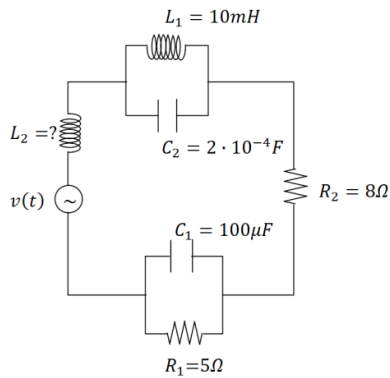
במעגל הבא  $U$  ו- $V$  הם שני מקורות מתח חילופין.

נתון:  $R, L, C$ .

והמתחים:  $U(t) = U_0 \cos(\omega t), V(t) = V_0 \cos(\omega t)$ .

א. מצא את הזרם בנגד במצב העמיד.

ב. מה התנאי לכך שהזרם יתאפס?



### 9) מעגל זרם חילופין

במעגל הבא נתון כי מתח המקור הוא:

$$v(t) = 50 \cos(1000t)$$

כמו כן הזרם העובר בנגד  $R_2$  הוא:

$$I_2(t) = I_0 \cos\left(1000t - \frac{\pi}{4}\right)$$

א. מצא את השראות הסליל  $L_2$  ואת  $I_0$ .

ב. מצא את הזרם בקבל  $C_1$  ב- $t = 2$ .

ג. חשב את ההספק הממוצע של מקור המתח.

## תשובות סופיות:

$$\omega = 500 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}, f = 80\text{Hz}, T = 4\pi \cdot 10^{-3}\text{sec} \quad \text{א. 0} \quad (1)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots \text{ כאשר: } \pi \cdot 10^{-3} + 2\pi n \cdot 10^{-3} \quad \text{ג.}$$

$$U_L(t) = 720 \cdot 10^{-9} J \sin^2(500t) \quad \text{ד. בסליל:}$$

$$U_C(t) = 720 \cdot 10^{-9} J \cos^2(500t) \quad \text{בקבל:}$$

$$E(t) = 720 \cdot 10^{-9} J \quad \text{כוללת:}$$

$$I_2(t) = I e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t), I_1(t) = I(1 - e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t)) \quad \text{א. 2}$$

$$\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}, \Gamma = \frac{R}{L}, \omega_0^2 = \frac{2}{LC} \quad \text{כאשר}$$

$$V_S(t) = I[R(1 - e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t)) + L(\Gamma e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t) - \tilde{\omega} \sin(\tilde{\omega} t))] \quad \text{ב.}$$

$$L\dot{I}_1 + \frac{q_1}{C} + (I_1 - I_2)R = 0, L\dot{I}_2 + \frac{q_2}{C} + (I_2 - I_1)R = 0 \quad \text{א. 3}$$

$$q_2(t) =, q_1(t) = \frac{1}{2}(A \cos(\omega t + \varphi) + B e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t + \theta)) \quad \text{ב.}$$

$$\frac{1}{2}(A \cos(\omega t + \varphi) - B e^{-\Gamma t} \cos(\tilde{\omega} t + \theta))$$

$$\tilde{\omega} = \sqrt{\omega_0^2 - \Gamma^2}, \Gamma = \frac{R}{L}, \omega_0^2 = \frac{1}{LC} \quad \text{כאשר}$$

$$\text{ג. הזרמים בקבלים זהים ושווים ל } I = -\frac{1}{2} A \omega \sin(\omega t + \varphi) \text{ הזרם בנגד}$$

$$\frac{Q^2}{4C} \quad \text{מתאפס. האנרגיה שהפכה לחום}$$

שאלת הוכחה. (4)

$$I_S(t) = 12_A \cos(10t - 2.16) \quad \text{ג. } 2.16\text{rad} \quad \text{א. } -0.138 + 0.209i \quad (5)$$

$$V_C(t) = 2.9_V \cos\left(10t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ה. } I_L(t) = 10_A \cos\left(10t - \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ד.}$$

$$Z = \left(\frac{\omega^2 L^2}{R^2 + \omega^2 L^2} + \frac{1}{(\omega RC)^2 + 1}\right) R + i \left(\frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2} - \frac{\omega C}{(\omega RC)^2 + 1}\right) R^2 \quad \text{א. 6}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad \text{ב.}$$

$$\tau = \frac{RC}{2} \quad \text{ii. } \frac{1}{R} > \sqrt{\frac{C}{L}} \quad \text{i. ג.}$$

$$\bar{P}_S = 253W \quad \text{ג. } \varphi = 0.886\text{rad} \quad \text{א. } C_2 = 18.35\mu F \quad (7)$$

$$\omega^2 = \frac{U_0}{LcV_0} \quad \text{ב. } I_3 = \frac{(\omega c V_0 - \frac{U_0}{\omega L})(i - R(\omega c - \frac{1}{\omega L}))}{1 + R^2(\omega c - \frac{1}{\omega L})^2} \quad \text{א. 8}$$

$$43.5W \quad \text{ג. } I_{C1} = 9.38A \quad \text{ב. } I_0 = 2.46A, L_2 = 40.3 \cdot 10^3 H \quad \text{א. 9}$$

