# קורס קדם במכניקה 140001

# תוכן העניינים

1. הקדמה מתמטית לקורס ..... 1
2. מבוא ..... 7
3. קינמטיקה - תנועה בקו ישר ..... 15
4. וקטורים ..... 38
5. נפילה חופשית וזריקה אנכית ..... 47
6. קינמטיקה - תנועה במישור ..... 55
7. תנועה יחסית ..... 62
8. תרגילים לחזרה עד לחלק זה ..... 65
9. דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון) ..... 67
10. עבודה ואנרגיה ..... 100
11. תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל ..... 115
12. תנועה מעגלית ..... 122
13. מתקף ותנע ..... 132
14. שאלות מבגרויות ..... 146
15. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)
16. הכוח החשמלי- חוק קולון ..... 161
17. השדה החשמלי ..... 165
18. חוק גאוס ברמה איכותית בלבד ..... 169
19. תנועה בשדה חשמלי אחיד ..... 172
20. מוליכים ..... 174
21. חומרים דיאלקטריים ..... 177
22. מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית ..... 180
23. זרם מתח ותנגדות ..... 196

# תוכן העניינים

24. אנרגיה והספק במעגל החשמלי ..... 204
25. חיבור נגדים וחוקי קירכהוף ..... 209
26. קבלים ..... 219
27. הכוח המגנטי (חוק לורנץ) ..... 232
28. השדה המגנטי ..... 239
29. חוק אמפר ..... 242
30. אופטיקה ..... 243

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס

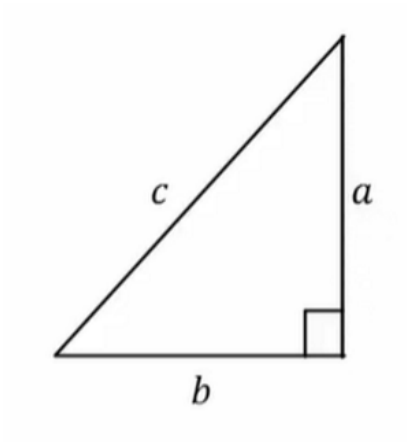
### תוכן העניינים

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

# פונקציות טריגונומטריות:

## רקע

**במשולש ישר זווית:**




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

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

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

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

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

**משפט פיתגורס:**

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

**זהויות:**

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

**ערכים ששווה לזכור:**

| הזווית\הפונקציה | $0^\circ$ | $30^\circ$ | $45^\circ$ | $60^\circ$ | $90^\circ$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\sin\alpha$ | 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 |

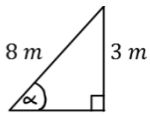
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| לא מוגדר | $\sqrt{3}$ | 1 | $\frac{1}{\sqrt{3}}$ | 0 | $\tan\alpha$ |

## שאלות:

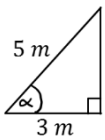
**1) חישוב אלפא**

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:

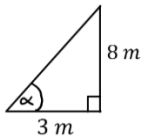
א.




ב.



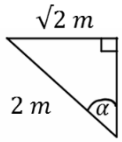

ג.



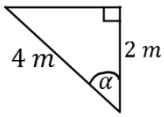

**2) משולשים שמסורטטים אחרת**

חשב את הזווית אלפה במקרים הבאים:

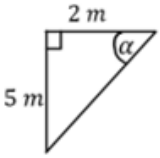
א.



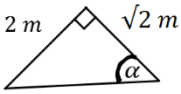

ב.




ג.



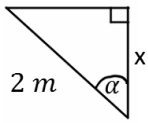

ד.




**3) מציאת ניצבים**

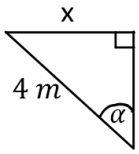
חשב את $x$ במקרים הבאים:

א.



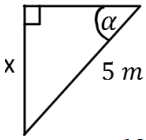

$\alpha = 30^0$

ב.



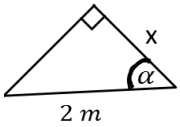

$\alpha = 45^0$

ג.




$\alpha = 60^0$

ד.




$\alpha = 40^0$

## תשובות סופיות:

1) א. $\alpha = 22°$ ב. $\alpha = 53°$ ג. $\alpha = 69°$

2) א. $\alpha = 45°$ ב. $\alpha = 60°$ ג. $\alpha = 68.2°$ ד. $\alpha = 55°$

3) א. $\sqrt{3m}$ ב. $2\sqrt{2m}$ ג. $\frac{5\sqrt{3m}}{2}$ ד. $1.53m$

# 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**

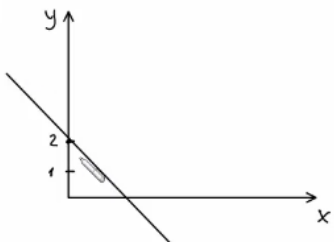
א. מצא את משוואת הקו הישר העובר דרך שתי הנקודות: $(-1, 3), (4, -2)$.

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: $y = -x^2 + 2x + 3$.

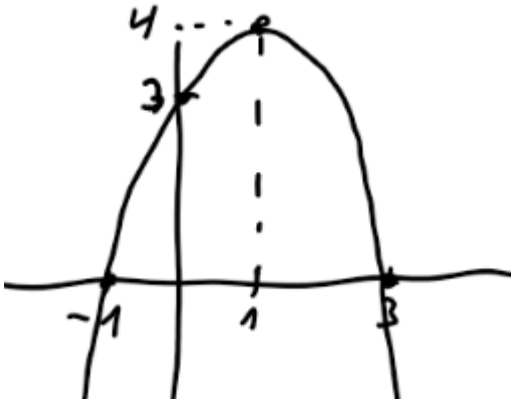
א. מצאו את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.

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: $(3,0)$ $(-1,0)$, נקודת הקודקוד: $(1,4)$.

ב. עצובה.



# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 2 - מבוא

### תוכן העניינים


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

# יחידות פיזיקאליות:

## רקע

חוקי חזקות:

$$(ab)^c = a^c b^c$$
$$a^b a^c = a^{b+c}$$
$$\left(a^b\right)^c = a^{bc}$$
$$\frac{1}{a^b} = a^{-b}$$

## שאלות:

**1) תרגיל**

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

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. $2.66\frac{kg}{m}$ ג. $4m^2$

# מעברים בין יחידות:

## נוסחאות:

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

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

ליטר: $1liter=1000cm^3$

קוב: $1\text{קוב}=1000m^3=1000liter$

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

## שאלות:

1) **דוגמה 1 - מעברים של יחידות לא בסיסיות**
נתון: $A=2km\ ,\ B=10gr$.
מצא את $C=A\cdot B$ ביחידות של m.k.s.

2) **דוגמה 2 - מעברים של יחידות לא בסיסיות**
נתון: $A=2m^2,\ B=3gr,\ C=5cm\cdot s$.
חשב את הגדלים הבאים ביחידות של m.k.s:
א. $D=2\cdot A$
ב. $E=\frac{5\cdot B\cdot C}{A}$

3) **מעבר יחידות בחזקות**
מצא את הגדלים הבאים, ביחידות של ס"מ:
א. $A=1m^2$
ב. $B=1m^3$

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. $0.32cm^3$ ג. $5.4\cdot 10^{12} cm^3$

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

# צפיפות:

## רקע

צפיפות נפחית : $\rho = \frac{M}{V}$

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

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

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

## שאלות:

**1) דיסקה עם חור**

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

ב. בדיסקה קדחו חור ברדיוס r.
מצא את המסה שהוצאה מהדיסקה.

## תשובות סופיות:

1) א. $\frac{M}{\pi R^2}$ 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 כ- $v = 3\cdot10^{8}\,\frac{m}{s}$.

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

ב. כמה זמן ייקח לאור לעבור בין שתי גלקסיות שהמרחק ביניהם הוא: $2\cdot10^{19}\,m$?

**2) צפיפות אטום המימן**

חשב פי כמה גדולה צפיפות הפרוטון מצפיפות אטום המימן המורכב מפרוטון ואלקטרון בלבד. מסת הפרוטון: $1.67\cdot10^{-27}\,kg$, מסת האלקטרון: $9.11\cdot10^{-31}\,kg$, קוטר הפרוטון: $3\cdot10^{-15}\,m$, קוטר אטום המימן: $10^{-10}\,m$.

**3) שלג על הירח**

הנח שעל הירח יורד שלג, השלג יורד בקצב שבו כל חצי שניה פוגע פתית שלג בפני הירח. הערך תוך כמה זמן יכוסה הירח כולו בשכבת שלג בגובה 2 מטר (הנח שהשלג לא נמס). רדיוס הירח: $1.74\cdot10^{6}\,m$, רדיוס פתית שלג הוא: $2c.m$.

**4) אטומים בגרגיר חול**

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

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

**5) כדורי פינגפונג בחדר**

הערך כמה כדורי פינגפונג ניתן לדחוס בחדר ממוצע

## תשובות סופיות:

1) א. $2\cdot10^{16}\,\text{m}$ ב. $t=2000$

2) $3.71\cdot10^{13}$

3) $t=1.14\cdot10^{18}\,\text{sec}$

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

5) 750,000

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 3 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר

### תוכן העניינים


1. העתק ..... 15
2. תנועה במהירות קבועה ..... 17
3. מהירות ממוצעת ..... 22
4. תאוצה ..... 24
5. תרגול ..... 29
6. מהירות רגעית ותאוצה רגעית ..... 35
7. מהירות רגעית ותאוצה רגעית -אינטגרלים ..... 37

# 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 שיבצע בדרך חזרה?
מה כיוון ההעתק בכל אחד מהמקרים?

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

## תשובות סופיות:

1) $-3m$

2) בדרך הלוך: $30m$, הכיוון חיובי; בדרך חזור: $-30m$, הכיוון שלילי.

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

# תנועה במהירות קבועה:

## רקע

מהירות קבועה או ממוצעת:

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

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

המיקום כתלות בזמן <u>במהירות קבועה</u>:

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

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

**3) תנועה ביחס ל-A**
גוף נע בקו ישר במהירות קבועה של: $v = 5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע $t = 0$ הגוף חולף בנקודה A.

א. מהו מיקומו של הגוף ברגעים: $t=2\sec$ ו- $t=8\sec$ 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 $t=2\sec$ מיקומו הוא $x=2\text{m}$, וברגע $t=6\sec$ הוא חולף בנקודה ששיעורה $x=10\text{m}$.

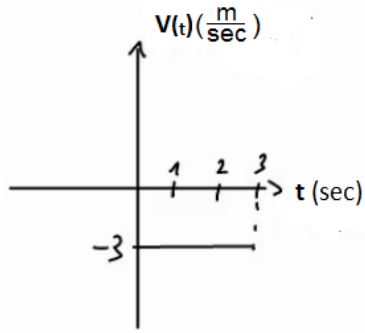
א. מהי מהירות הגוף?
ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t=0$?
ג. מצא את הנוסחה עבור מיקום הגוף כפונקציה של הזמן.
ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?
ה. כמה העתק ביצע הגוף מהרגע שבו $t=0$ עד לרגע שבו $t=10\sec$?

**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- $t=2\sec$ וב- $t=3\sec$?
ג. מתי יהיה הגוף במרחק $x=20\text{m}$ מהראשית ומתי יהיה במרחק של $x=-10\text{m}$?

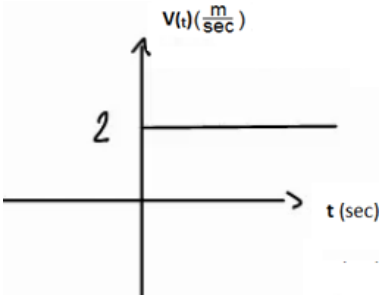
**6) מהירות שלילית**




נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t=1\sec$ ל- $t=3\sec$.
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.

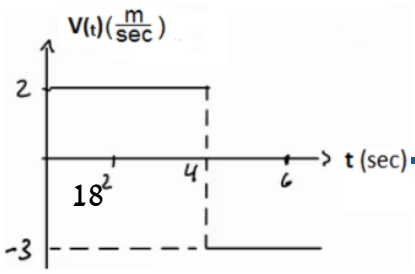
**7) מיקום שלילי**




נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t=2\sec$ 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 $t=1\sec$ ל- $t=6\sec$.

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

**9) שתי מכוניות זו לקראת זו**
שתי מכוניות נעות זו לקראת זו לאורך כביש דו נתיבי ישר.
מכונית א' יוצאת מנקודה המרוחקת 140 מטר מימין לראשית, ונעה במהירות $8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$,
ומכונית ב' יוצאת מנקודה המרוחקת 40 מטר משמאל לראשית ונעה במהירות $10\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
א. מתי חולפות המכוניות זו על יד זו? ומהן מיקומן ביחס לראשית ברגע זה?
ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

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

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

## תשובות סופיות:

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

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

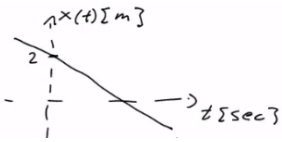
3) א. $x(t=2)=10\text{m}\ ,\ x(t=8)=40\text{m}$ ב. $t=40\,\text{sec}$

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

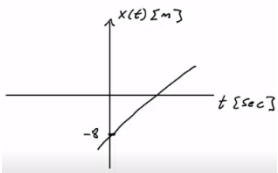
5) א. $x(t)=50-6t$ ב. $x(t=2)=38\text{m}\ ,\ x(t=3)=32\text{m}$

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

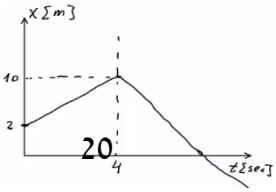
6) א. $S=-6\text{m}$ ב. $x(t)=2-3t$ ג.




7) א. $x(t)=-8+2t$ ב.




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

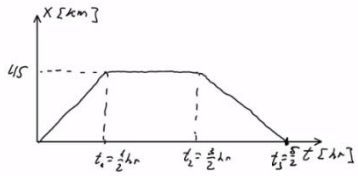


**9)** א. חולפות ב- $t=10\sec$ , ומיקומן הוא $x_{a,b}(t=10)=60\text{m}$ .

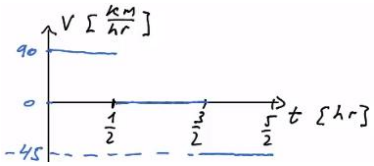
ב. $t_1 \approx 7.78\sec$ או $t_2 \approx 12.22$ .

**10)** א. השיפועים מייצגים מהירות.

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




ג.




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

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

# מהירות ממוצעת:

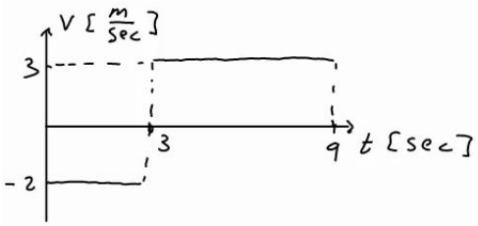
## שאלות:

**1) דני נוסע מחיפה לטבריה**

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

**2) מהירות ממוצעת מתוך גרף**

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




**3) מת״א לב״ש דרך חיפה**

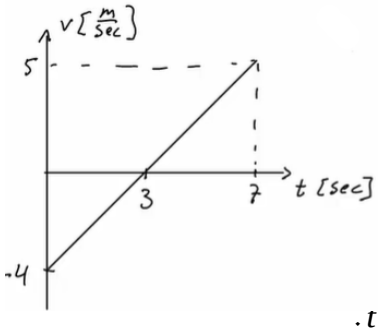
אורי נסע מת״א לבאר שבע דרך חיפה. הנח שחיפה נמצאת 60 ק״מ צפונה מת״א ובאר שבע נמצאת 100 ק״מ דרומה מת״א. הנח שכל הערים נמצאות על אותו קו ישר. בדרכו לחיפה נסע אורי במהירות של 90 ק״מ לשעה. בדרכו מחיפה לבאר שבע נסע אורי במהירות של 120 ק״מ לשעה.

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 (avrage velocity) ואת ממוצע גודל המהירות (avrage speed) עבור כל התנועה.

ב. מצא את המהירות הממוצעת של הגוף (avrage velocity) בקטע שבין $t=3\sec$ ל- $t=7\sec$.

## תשובות סופיות:

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

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

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

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

# 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.

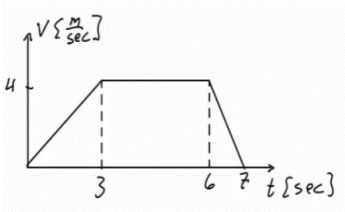
א. מצא את נוסחת מהירות-זמן עבור האופנוע.
ב. מה תהיה מהירותו לאחר 7 שניות?
ג. מתי תהיה מהירותו 20 מטר לשנייה?

**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:

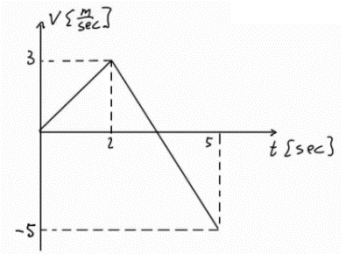
א. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה,למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 5 שניות.
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.
ג. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 2 שניות.
ד. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 5 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 בתאוטה.

**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 בתאוטה.

**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?

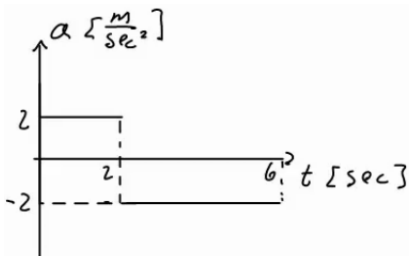
**10) דני ודנה רצים זה לקראת זו**

דני ודנה רצים זה לקראת זו. שניהם מתחילים לרוץ ממנוחה.
דני רץ בתאוצה של 0.5 מטר לשנייה בריבוע ודנה בתאוצה של 1 מטר לשנייה בריבוע.
המרחק ההתחלתי ביניהם הוא 50 מטר.

א. מתי והיכן יפגשו דני ודנה?

ב. מה מהירות כל אחד מהם ברגע המפגש?

**11) גרפים של תאוצה, מהירות ומיקום**




גוף מתחיל לנוע ממנוחה מראשית הצירים.
תאוצתו של הגוף נתונה בגרף הבא:

א. מצא נוסחת מהירות–זמן עבור הגוף.

ב. מצא נוסחת מיקום–זמן עבור הגוף.

ג. שרטט גרפים עבור המהירות והמיקום, כתלות בזמן.

**12) מסלול המראה של ססנה**

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

**13) מרחק בלימה**

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

**14) עומר עוצר לפני רמזור**

עומר נסע במכוניתו במהירות של 50 קמ״ש.
לפתע הבחין כי הרמזור שלפניו התחלף לאדום.
עומר התחיל לבלום את רכבו, עד שהגיע לעצירה מוחלטת.
הנח שהעצירה נעשית בקצב קבוע.

א. מהי המהירות הממוצעת במהלך העצירה?

ב. ברגע העצירה היה מרחקו של עומר מהרמזור 35 מטר.
הזמן שלקח לעומר להגיע לעצירה מוחלטת היה 5 שניות,
האם יספיק עומר לעצור לפני הרמזור?

## תשובות סופיות:

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

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

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

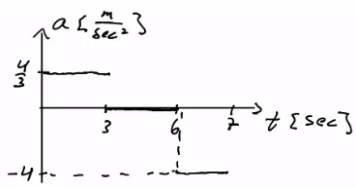
4) $t=23sec$

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

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

המהירות שלילית - בתאוצה $(V<0)$.

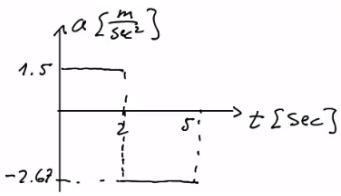
6) חלק 1 - כאשר $0\leq t\leq 3$ אז $a_1=\frac{4}{3}\frac{m}{sec^2}$ - מאיץ. שרטוט:




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

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

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




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

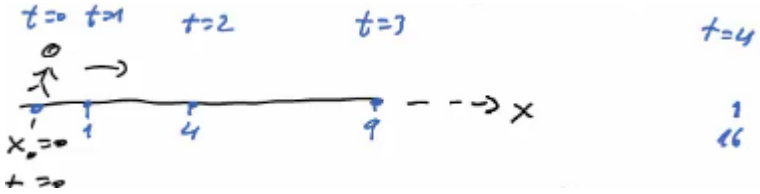
כשהמהירות חיובית – בתאוטה $(V\geq 0)$,

וכשהמהירות שלילית – בתאוצה $(V<0)$.

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

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

ג.




9) $t_1=18.79$

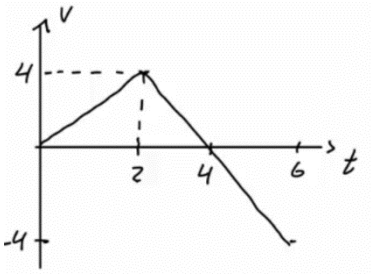
**10)** א. הזמן : $t=8.16\sec$ , המיקום : $16.65\text{m}$.

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

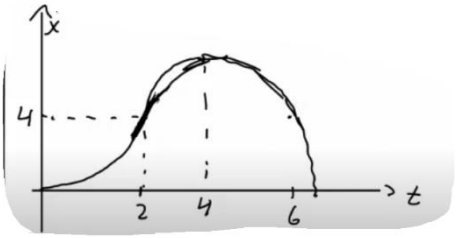
**11)** א. כאשר $0<t<2$ , הנוסחה היא : $V(t)=2t$ ; כאשר $2<t<6$ , הנוסחה היא : $V(t)=8-2t$.

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 :




שרטוט עבור מקום :




**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.

א. מהי תאוצת המכונית?

ב. מצא את ההעתק שביצעה המכונית בזמן ההאצה.

ג. מהי המהירות הממוצעת של המכונית בזמן ההאצה?

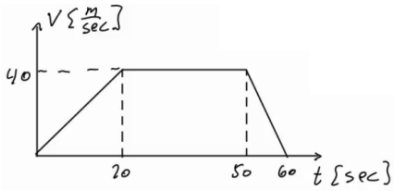
ד. האם ההעתק שמבצעת המכונית בחמש השניות הראשונות גדול, קטן או שווה להעתק בחמש השניות האחרונות?

ה. מתי יהיה מיקום המכונית 32 מטר מהנקודה ממנה יצאה?

ו. מהי מהירות 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.




א. תאר את סוג התנועה של האופנוע בכל אחד מקטעי התנועה.

ב. מצא את תאוצת האופנוע כתלות בזמן.

ג. מהי מהירות האופנוע ברגעים $t=15,\ 40,\ 55$?

ד. 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.

א. מצא ביטוי למהירות כתלות בזמן עבור דני ויוסי.
שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.

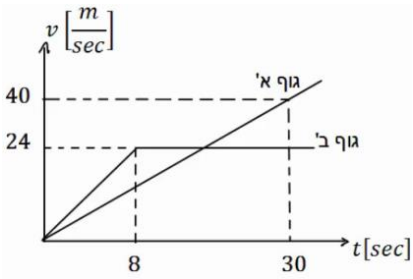
ב. מתי מהירותו של יוסי שווה לזו של דני? האם הוא משיג את דני ברגע זה?

ג. מצא ביטוי למיקום כתלות בזמן עבור דני ויוסי.
שרטט גרפים עבור שני הביטויים שמצאת על אותה מערכת צירים.

ד. 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.

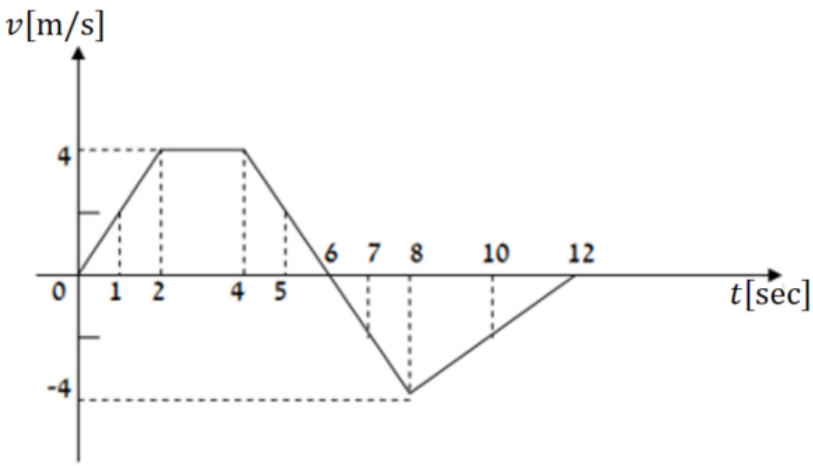



א. תאר את תנועתו של כל גוף.
ב. רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.
ג. מצא את המרחק בין הגופים
ברגעים: $t = 3sec,\ 24sec$,
וציין מי מקדים את מי.
ד. מתי מהירויות שני הגופים שוות?
ה. מתי מיקום שני הגופים זהה?

**5) גרף מהירות זמן בקו ישר**

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

א. האם תאוצתו של הגוף בזמן $t = 1sec$ שווה בגודלה ובכיוונה לתאוצתו בזמן שניות $t = 5sec$?
ב. האם בזמן $t = 10sec$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר מאשר בזמן $t = 2sec$?
ג. האם תאוצת הגוף בזמן $t = 5sec$ שווה בגודלה אך הפוכה בכיוונה לתאוצתו בזמן $t = 7sec$?
ד. האם המרחק של הגוף מנקודת מוצאו מקסימלי בזמן $t = 12sec$?
ה. האם בזמן $t = 8sec$ מרחק הגוף מנקודת מוצאו גדול יותר ממרחקו בזמן $t = 5sec$?



**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.

א. תאר את התנועה של הגוף במילים.
חשב ושרטט גרף של התאוצה כתלות בזמן של הגוף.

ב. מתי נמצא הגוף במרחק הגדול ביותר (בכיוון החיובי) מהראשית?
מהו מרחק זה?

ג. מהו המרחק הכולל שעבר הגוף?

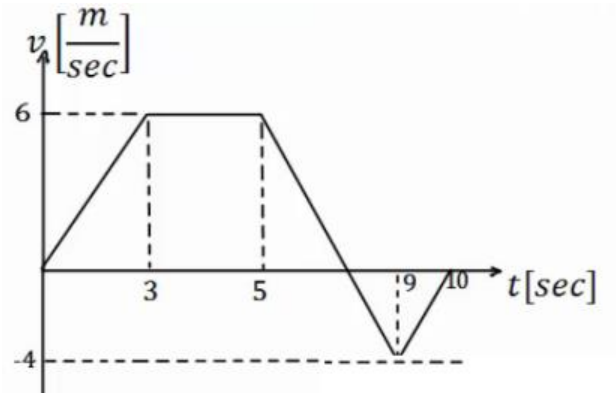
ד. מהו ההעתק הכולל שעשה הגוף?

ה. מהי המהירות הממוצעת של הגוף בתנועה?

ו. מהו מרחק הגוף מהראשית ב-$t = 6\sec$?

ז. מתי נמצא הגוף במרחק 12 מטרים מהראשית?

ח. 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-$t = 2\sec$ מהירותו היא 15 מטרים לשנייה ומיקומו 5 מטרים מהראשית, בכיוון החיובי. ידוע גם שב-$t = 4\sec$ מהירותו היא 21 מטר לשנייה.

א. מצא את תאוצת הגוף.

ב. מצא נוסחת מיקום זמן של הגוף.

ג. מהו מיקום הגוף ב-$t = 0$, ומתי יהיה בראשית?

ד. מצא נוסחת מהירות זמן עבור הגוף.

ה. 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 בישוב 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. $V_F\approx 21.91\frac{m}{sec}$

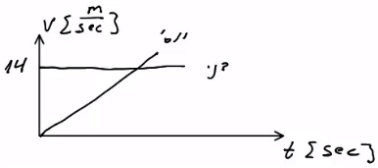
**2)** א. כאשר $0\le t\le 20$ (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.
כאשר $20\le t\le 50$ (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.
כאשר $50\le t\le 60$ (חלק III), התאוצה קבועה ושלילית - תאוטה - והמיקום הולך וגדל.

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

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

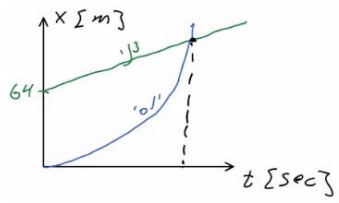
ד. $x(t=15)=225m$, $x(t=40)=1,200m$, $x(t=55)=1,750m$

**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 $8\le t$, תנועה במהירות קבועה בכיוון חיובי.

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

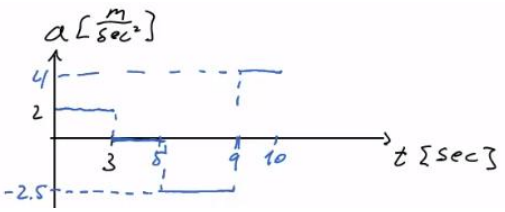
ג. כש-$\Delta x(t=3)=7.5m$, וכש-$\Delta x(t=24)=96m$. גוף ב' מקדים את א'.

ד. $t=18sec$ ה. כש-$t=31.42sec$.

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

**6)** א. כאשר $0 \le t \le 3$ (חלק I), תאוצה קבועה, האצה והתקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $3 \le t \le 5$ (חלק II), תנועה במהירות קבועה, התקדמות בכיוון החיובי.
כאשר $5 \le t \le 9$ (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 $9 \le t \le 10$, תאוצה קבועה חיובית, תאוטה. התקדמות בכיוון הנגדי.

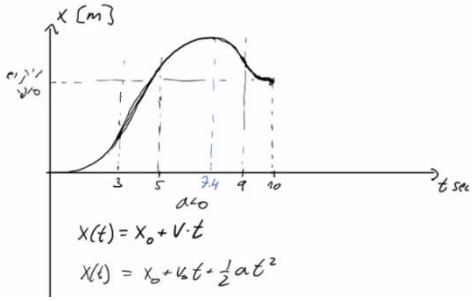
ב. $a = \begin{cases} 2\frac{m}{sec^2} & 0 < t < 3 \\ 0 & 3 < t < 5 \\ -2.5\frac{m}{sec^2} & 5 < t < 9 \\ 4\frac{m}{sec^2} & 9 < t < 10 \end{cases}$ גרף:




ג. בזמן: $7.4\sec$ ; המרחק: $28.2m$.

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

ח. $t = 3.5\sec$ ט.

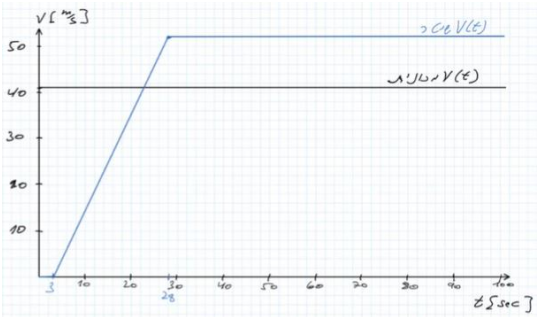



**7)** א. $a = 3\frac{m}{sec^2}$ ב. $x(t) = 5 + 15(t-2) + \frac{1}{2}3(t-2)^2$

ג. $x(t=0) = -19$ ; $x(t=1.65) = 0$

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

**8)** א. $3877m$ ב.




**9)** $T = 58\sec$

**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:**

$$(\boldsymbol{cosx})' = -\boldsymbol{sinx}$$
$$(\boldsymbol{sinx})' = \boldsymbol{cosx}$$

## 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- $t = 7\sec$?

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: $0\le t\le 2\pi$ ועבור המקרים: $\omega=1$, $\omega=2$ ו- $\omega=0.5$.

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 $\omega$?

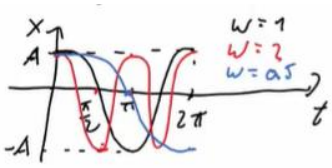
## תשובות סופיות:

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

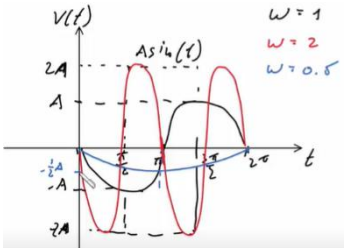
ד. $182\frac{m}{sec^2}$ , $62\frac{m}{sec^2}$

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

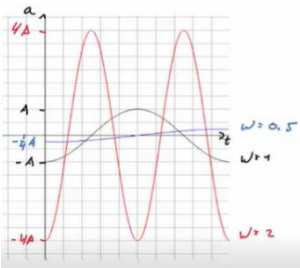
ב. מיקום:




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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 4 - וקטורים

### תוכן העניינים

1. הגדרות סימונים והצגות ..... 38
2. פעולות בין וקטורים ..... 43

# הגדרות סימונים והצגות:

## רקע:

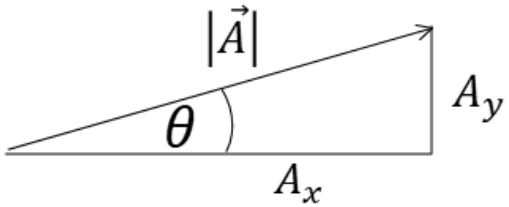
וקטור הוא כלי מתמטי המשמש לתיאור גודל פיזיקלי עם כיוון (לדוגמה מהירות או כוח).

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- $x$ |
|---|---|---|
| $\vec{A}$ | $\lvert\vec{A}\rvert = 2$ | $\theta_A = 30°$ |
| $\vec{B}$ | $\lvert\vec{B}\rvert = 4$ | $\theta_B = 30°$ |
| $\vec{C}$ | $\lvert\vec{C}\rvert = 2$ | $\theta_C = 90°$ |
| $\vec{D}$ | $\lvert\vec{D}\rvert = 4$ | $\theta_D = 120°$ |
| $\vec{E}$ | $\lvert\vec{E}\rvert = 2$ | $\theta_E = 300°$ |
| $\vec{F}$ | $\lvert\vec{F}\rvert = 2$ | $\theta_F = -60°$ |

**2) הצגה קרטזית**

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

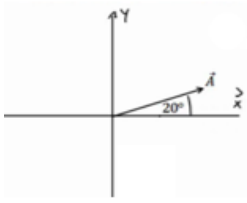
$\vec{A} = (1,2)$ , $\vec{B} = (-2,3)$ , $\vec{C} = (-3,-2)$ , $\vec{D} = (2,-1)$ .

**3) מעבר מפולרי לקרטזי**

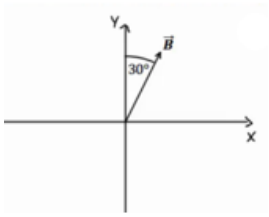
הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.

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

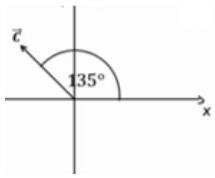
א.



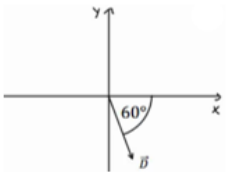

ב.




ג.

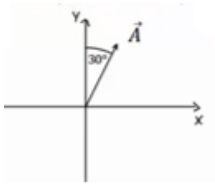


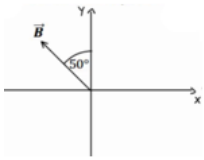

ד.

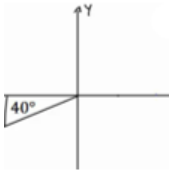


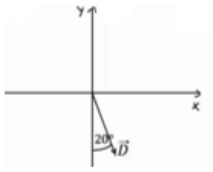
**4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים**

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

א.


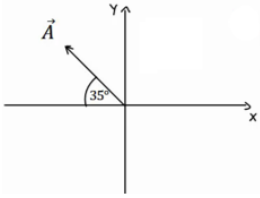

ב.


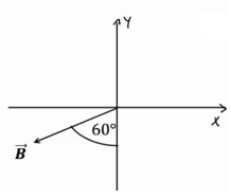

ג.



ד.



**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:

א.



ב.



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

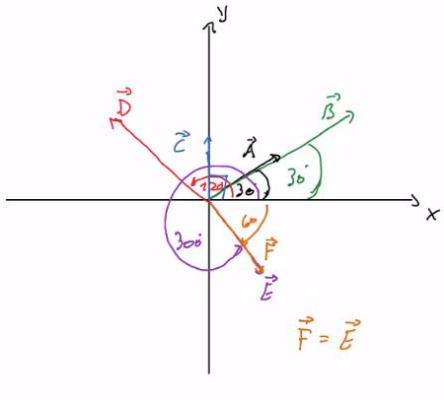
ד. $\vec{D}=(2,-2)$

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

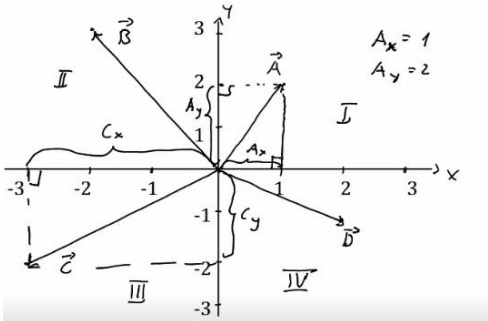
ו. $|\vec{E}|=3$ , $E_y=-1$ הוקטור ברביע השלישי.

## תשובות סופיות:

1) ראו שרטוט:




2) ראו שרטוט:




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

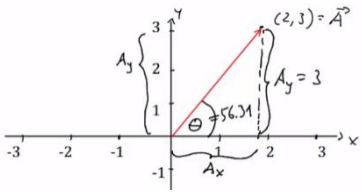
4) א. $\vec{A} = \left(\frac{3}{2},\ 2.60\right)$ ב. $\vec{B} = (-2.30,\ 1.93)$ ג. $\vec{C} = (-2.30,\ -1.93)$

ד. $\vec{D} = (-2.30,\ -1.93)$

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

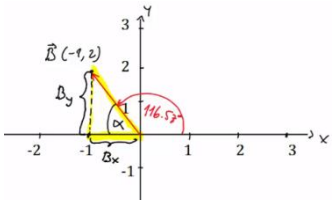
6) א. $|\vec{A}| = \sqrt{5}$ ; $\theta_A = -26.57 = 333.43°$ ב. $|\vec{B}| = 2.06$ ; $\theta_B = 255.96°$

7) א. שרטוט:



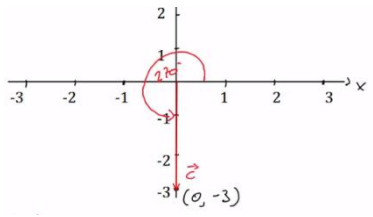

$|\vec{A}| = \sqrt{13}$ ; $\theta_A = 56.31°$

ב. שרטוט:



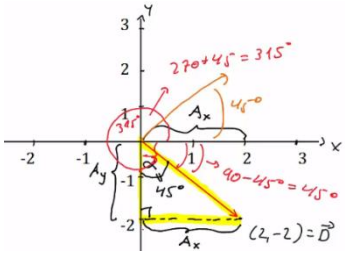

$|\vec{B}| = \sqrt{5}$ ; $\theta_B = 116.57°$

ג. שרטוט:



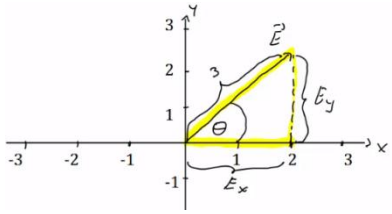

$\theta_C = 270°$ ; $|\vec{C}| = 3$

ד. שרטוט:



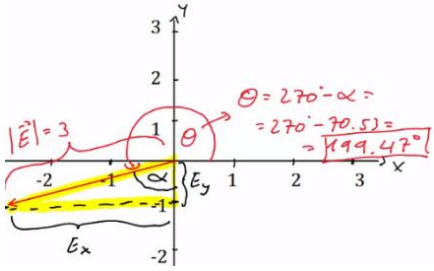

$\theta_D = 315° = -45°$ ; $|\vec{D}| = \sqrt{8}$

ה. שרטוט:




$\theta_E = 48.19°$ ;

ו. שרטוט:

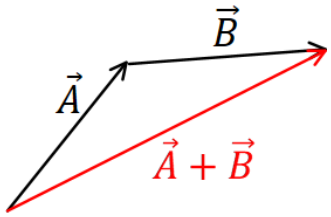



$\theta_E = 199.47°$ ;

# פעולות בין וקטורים:

## רקע:

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




בצורה אלגברית נסכום את הרכיבים:

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

בצורה פולרית, נפרק לרכיבים ונסכום.

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

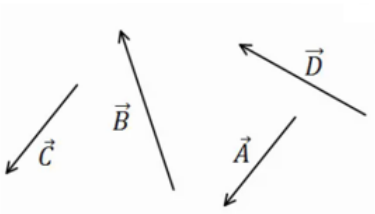
$$\vec{B}=\alpha\vec{A}=\left(\alpha A_x, \alpha A_y\right)$$

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

## שאלות:

**1) חיבור וקטורים לפי סימונים**

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




**2) דוגמה 1**

נתונים הוקטורים הבאים:

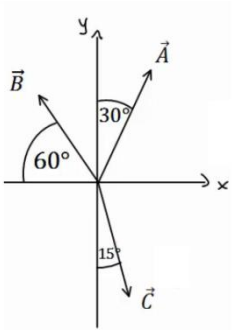
$$\left|\vec{A}\right|=3,\ \theta_A=30^\circ$$
$$\left|\vec{B}\right|=2,\ \theta_B=-30^\circ$$
$$\left|\vec{C}\right|=3,\ \theta_C=180^\circ$$

א. שרטט את הווקטורים על גבי מערכת צירים.

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

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

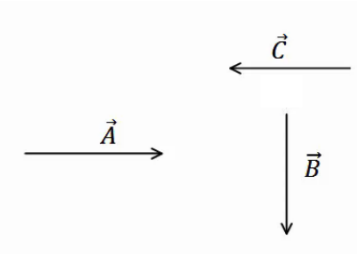
3) **דוגמה 2**




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:

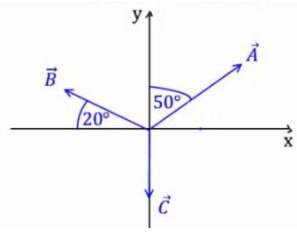
א. $\vec{D}=-2\vec{B}$

ב. $\vec{E}=3\vec{A}-2\vec{C}-\vec{B}$

ג. $\vec{F}=-2\left(\vec{A}+\vec{B}\right)+3\vec{C}$

6) **דוגמה 2**

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




א. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{D}=-2\vec{B}$.
שרטט את $\vec{D}$ על מערכת צירים.

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

**7) דוגמה 3**

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

א. שרטט את הוקטור במערכת הצירים.

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

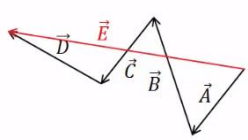
ג. מצא את הרכיבים של $\vec{A}$.

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

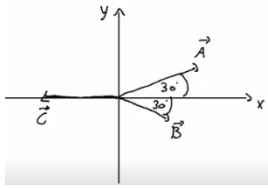
ה. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{B}$ מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.
הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

## תשובות סופיות:

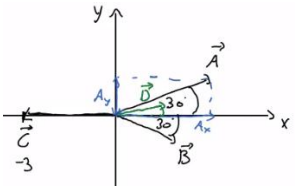
1)




2) א.

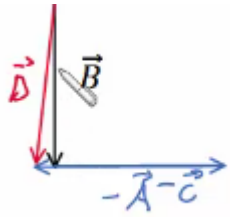



ב. $\left|\vec{D}\right| = 1.42 \ ,\theta_D = 20.60°$



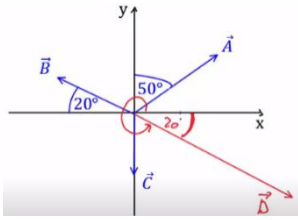

3) $\left|\vec{D}\right| = 3.46 \ ,\theta_D = 58.84°$

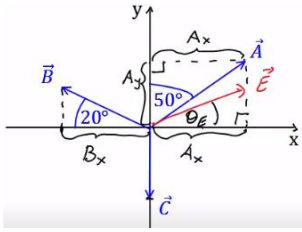
4)



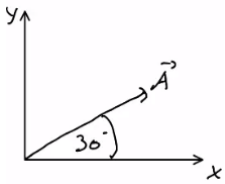

5) א. $\bar{D} = (2, -8)$ ב. $\vec{E} = (10, 7)$ ג. $\vec{F} = (-4, -12)$

6) א. $\left|\vec{D}\right| = 8 \ ,\theta_D = -20°$ ב. $\left|\vec{E}\right| = 23.75 \ ,\theta_E = 37.23°$

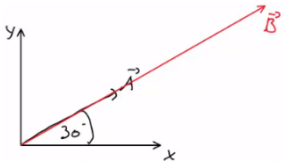



7) א.




ב. $\left|\vec{B}\right| = 6 \ ,\theta_B = \theta_A = 30°$




ג. $\vec{A} = \left(\sqrt{3}, 1\right)$

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 5 - נפילה חופשית וזריקה אנכית

### תוכן העניינים

1. נפילה חופשית ..... 47
2. זריקה אנכית ..... 48
3. תרגילים ..... 50

# נפילה חופשית:

## שאלות:

**1) כדור ברזל קטן**

כדור ברזל קטן משוחרר ממנוחה ממעלי מגדל מאוד גבוה (הזנח את התנגדות האויר).

א. מצא את מרחקו מנקודת השחרור לאחר 4 שניות.

ב. מצא את מהירותו באותו הרגע.

**2) תפוח עץ**

תפוח נופל מעץ מגובה של 15 מטרים (הנח שהתפוח נופל ממנוחה והזנח את התנגדות האויר).

א. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בקרקע.

ב. מצא את המהירות בה יפגע התפוח בראשו של ניוטון, היושב מתחת לעץ. הנח שגובה הראש של ניוטון בישיבה הוא 1 מטר.

**3) חסידה מביאה חבילה**

חסידה מפילה חבילה מגובה של 320 מטרים.

א. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה הרביעית של תנועתה.

ב. מצא את ההעתק שמבצעת החבילה בשניה האחרונה של תנועתה.

## תשובות סופיות:

**1)** א. $80m$ ב. $40\frac{m}{sec}$

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

**3)** א. $\Delta y = 35m$ ב. $\Delta y = 75m$

# 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 $5\frac{m}{sec}$ 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:

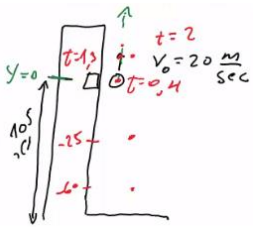
**1)** א. $0.93\sec$ ב. $V(t=0.93)=14.3\frac{m}{sec}$ ג. $V(y=15)\approx 18.03\frac{m}{sec}$

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

ב.

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

ג.




ד. $7\sec$

ה. (א) מקום-זמן: $y(t)=105+20t-5t^2$.

מהירות-זמן: $V(t)=20-10t$.

(ד) $7\sec$

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

# 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 לשניה.
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: $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5\sec$ .

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 לשניה 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. $2\sec$ ב. $20\text{m}$ ג. $25.8\sec$ ד. $7.29\sec$

**2)** א. $60\frac{\text{m}}{\sec}$ ב. $480\text{m}$ ג. $25.8\sec$ ד. $\approx -98\frac{\text{m}}{\sec}$

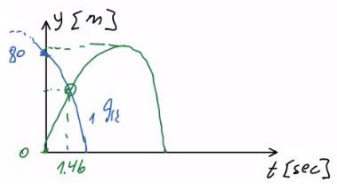
**3)** א. גוף 1: $y_1(t)=80+(-15)t-5t^2$ , גוף 2: $y_2(t)=40t-5t^2$ ב. $80\text{m}$

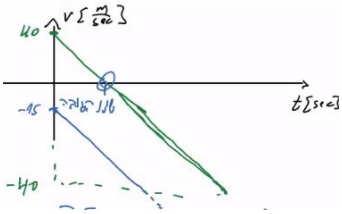
ג. $y_2(t=1.45)\approx 47.74\text{m}$

ד. גוף 1: $v_1(t)=-15-10t$ , גוף 2: $v_2(t)=40-10t$.

ה. גוף 1: $-29.6\frac{\text{m}}{\sec}$ , גוף 2: $25.4\frac{\text{m}}{\sec}$. ו. גוף 1: $-42.72\frac{\text{m}}{\sec}$ , גוף 2: $-40\frac{\text{m}}{\sec}$.

ז. מיקום-זמן (גוף 1 בכחול, גוף 2 בירוק): מהירות-זמן:



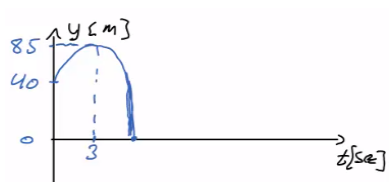

**4)** א. מקום-זמן: $y(t)=40+30t-5t^2$ , מהירות-זמן: $v(t)=30-10t$ ,

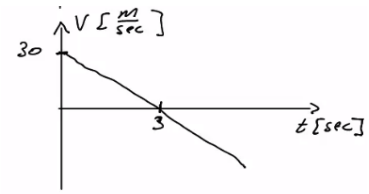
תאוצה-זמן: $a=-10$.

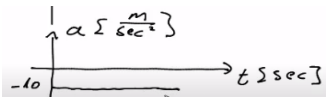
ב.

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

ג. מקום-זמן: מהירות-זמן: תאוצה-זמן:



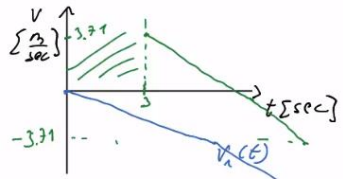




**5)** א. כדור 1: $y_1(t)=70-5t^2$ , כדור 2: $y_2(t)=0+v_0(t-3)-5(t-3)^2$.

ב. $v_0\le 3.71$ ג. כדור 1: $v_1(t)=-10t$ , כדור 2: $v_2(t)=3.71-10(t-3)$.

ד. כדור 1: $v_1(t=3.74)=-37.4\frac{\text{m}}{\sec}$. כדור 2: $v_2(t=3.74)\approx -3.69\frac{\text{m}}{\sec}$.

ה. שרטוט:




6) $t \approx 7.18\sec$.

7) $v_0 \approx 33.8\frac{\mathrm{m}}{\sec}$.

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

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 6 - קינמטיקה - תנועה במישור

### תוכן העניינים

1. תנועה במישור ..... 55

# תנועה במישור:

## שאלות:

**1) דוגמה 1**

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

ומיקומו בציר ה-$y$ כתלות בזמן הוא: $y(t)=3t^2$.

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

ב. רשום את הערך של וקטור מיקום 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- $t=1,\ 2\sec$.

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

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

**3) דוגמה 3**

גוף נע במישור, כך שמיקומו כתלות הזמן 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 $t=3\sec$ ל- $t=5\sec$.

ג. מצא את המהירות הממוצעת במרווח הזמן של סעיף ב'.

**4) גוף נזרק אופקית מגובה רב**

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

**5) גוף נזרק אופקית מגג בניין**

גוף נזרק אופקית מגג בניין שגובהו 40 מטר.

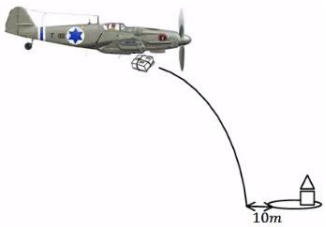
א. מתי יפגע הגוף בקרקע?

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

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

**6) חבילת סיוע לכפר**

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




א. מצא את המרחק האופקי מהכפר שבו צריך המטוס לשחרר את החבילה על מנת שתנחת בדיוק 10 מטר לפני הכפר.

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

**7) משוואת מסלול**

מצא את משוואת המסלול ושרטט את המסלול על מערכת צירים עבור המסלול הבא: $x(t)=\sqrt{3+t^2}$ , $y(t)=\sqrt{7-t^2}$ .

הנח ש- $x$ ו- $y$ תמיד חיוביים.

**8) זריקה משופעת**

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

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

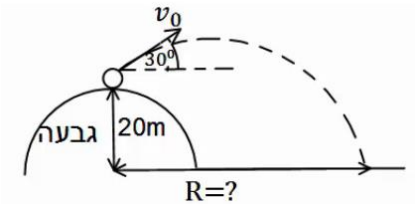
ב. מתי פוגע הגוף בקרקע?

ג. מהו המרחק האופקי בו פוגע הגוף בקרקע?

ד. מהי מהירות הגוף ברגע הפגיעה?

**9) כדור נבעט מגבעה**

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




א. מתי יפגע הכדור בקרקע?

ב. מהו המרחק האופקי של הכדור, מנקודת הבעיטה, ברגע הפגיעה בקרקע?

ג. מהי מהירות הכדור ברגע הפגיעה?

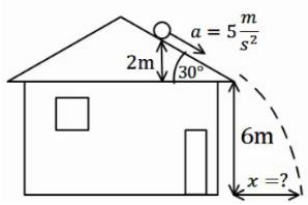
**10) דן יורה חץ על עץ**

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

**11) דני מחליק במגלשה**

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

**12) כדור מתגלגל מגג משופע**




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

**13) תנועת כדור עם רוח נגדית**

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

א. מצא את מיקום הכדור ומהירותו ב- $t = 2\sec$.

ב. מהו המרחק בו פוגע הכדור בקרקע?

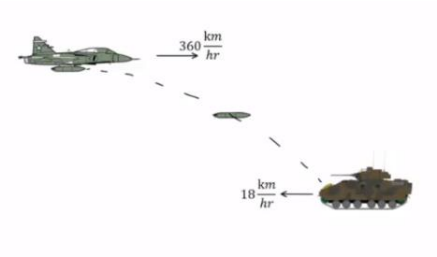
ג. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?

ד. מהו המרחק האופקי המקסימלי אליו הגיע הכדור?

**14) מסירה בפוטבול**

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

**15) מטוס מטיל פצצה על טנק שנע**



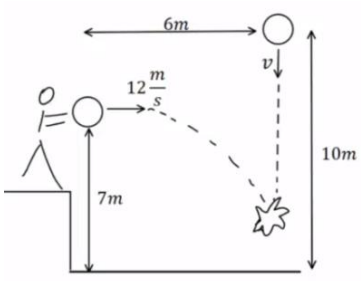

מטוס טס בכיוון אופקי במהירות של 360 קמ״ש. טנק אויב הנמצא במרחק אופקי של 3 ק״מ ממנו נע במהירות 18 קמ״ש כלפי המטוס. כעבור 10 שניות הטייס מבחין בטנק ומשחרר פצצה.

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

ב. מהו גובה המטוס מעל פני הקרקע?

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

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




כדור נזרק אנכית כלפי מטה מגובה של 10 מטרים ובמהירות $v$ לא ידועה. באותו הרגע ובמרחק אופקי של 6 מטרים נזרק כדור נוסף זריקה אופקית, מגובה 7 מטרים ובמהירות של 12 מטר לשניה.
הכדורים מתנגשים באוויר בגובה לא ידוע.

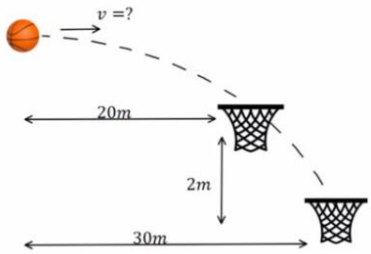
א. מהו הזמן בו הכדורים מתנגשים?

ב. מהי המהירות בה נזרק הכדור הראשון?

ג. מהו הגובה שבו נפגשים הכדורים?

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

**17) כדורסל עובר דרך שני סלים**




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

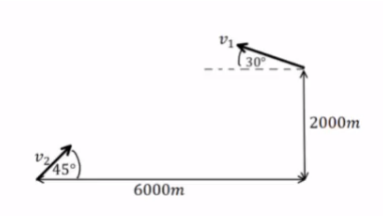
א. מהי המהירות ההתחלתית של הכדור?

ב. מאיזה גובה מעל לסל העליון נזרק הכדור?

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

**18) כיפת ברזל מיירטת קאסם**

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




א. מהי מהירות הטיל ברגע הגילוי?
ברגע הגילוי נורה טיל מיירט לעבר טיל הקאסם.
הטיל המיירט נורה בזווית של 45 מעלות.

ב. מה צריכה להיות מהירותו ההתחלתית של הטיל המיירט בשביל שיפגע בטיל הקאסם
(הנח שתנועת הטיל המיירט היא גם ללא מנוע)?

ג. מתי מתרחשת הפגיעה?

ד. באיזה גובה מתרחשת הפגיעה?

## תשובות סופיות:

**1)** א.

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

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

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

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

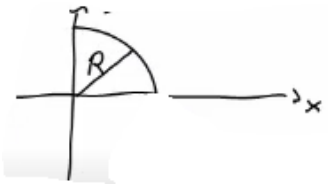
**4)** מיקום: $\vec{r}(t=4)=(40,\ 80)$, מהירות: $\vec{v}(t=4)=(10,\ 40)$.

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

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

**6)** א. $4{,}908.98\text{m}$ ב. $\theta=31.38°$

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




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

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

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

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

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

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

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

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

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

**14)** התאוצה: $a \approx 5.99\frac{m}{sec^2}$, כן, יכול להיות שלילי. המשמעות היא תאוטה, כלומר על השחקן להאט על מנת לתפוס את הכדור בדיוק בגובה הזריקה.

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

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

ד. $13\frac{m}{sec}$ , $-22.6°$

**17)** א. $v = \sqrt{1250}\frac{m}{sec}$ ב. $h = 1.6m$ ג. $t_2 \approx 0.849\,sec$

**18)** א. $v_1 \approx 210\frac{m}{sec}$ ב. $v_2 \approx 353\frac{m}{sec}$ ג. $t_0 \approx 13.9\,sec$ ד. $2493m$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 7 - תנועה יחסית

### תוכן העניינים

1. תנועה יחסית ..... 62

# 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.

א. תוך כמה זמן יגיע לקומה הרצויה?

ב. 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) מכונית ביחס לאוטובוס**

מכונית נוסעת במהירות של 30 מטר לשנייה בכיוון 30 מעלות עם ציר ה- $x$ .

אוטובוס נוסע במהירות של 50 מטר לשנייה בכיוון ציר ה- $x$ .

א. מצא את המהירות היחסית בין האוטובוס למכונית.

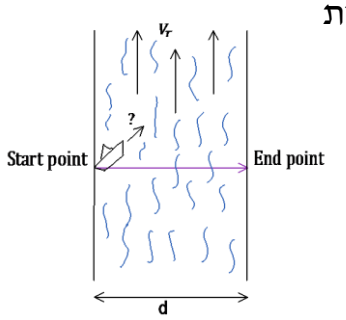
ב. מצא את הזווית בה האוטובוס יראה את המכונית נוסעת.

**3) גשם על שמשת מכונית**

נהג הנוסע במהירות 100 קמ"ש רואה טיפות גשם נמרחות על השמשה הצדדית של המכונית בכיוון הפוך לכיוון הנסיעה ובזווית של 45 מעלות עם הציר האנך לכיוון הנסיעה. נהג אחר הנוסע במהירות 70 קמ"ש רואה את טיפות הגשם בזווית 30 מעלות עם אותו הציר.
מצא את מהירות הטיפות ביחס לקרקע (גודל וכיוון).

**4) סירה בנהר**

נהר זורם צפונה במהירות $V_r$ . יוסי נמצא בגדה המערבית ורוצה להשיט סירה לרוחב הנהר. מהירות הסירה היא $V_{br}$ יחסית לנהר. יוסי מעוניין להגיע אל הגדה הנגדית בדיוק מזרחית לנקודת מוצאו.
נתון כי רוחב הנהר d.




א. באיזה כיוון הוא יהיה חייב להשיט את הסירה?

ב. מה מהירות הסירה יחסית לאדמה?

ג. כמה זמן תארך דרכו?

**5) כדור נזרק במעלית**

מרצפת מעלית הנמצאת במנוחה נזרק כדור 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.

א. מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה עד לפגיעה ברצפת המעלית?

ב. מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?

ג. חוזרים על הניסוי, אבל כעת המעלית נעה (מלפני זריקת הכדור) במהירות קבועה כלפי מעלה של $4\frac{m}{sec}$. הזמן שמודד השעון הוא שוב 0.5 שניות.
מהו זמן התנועה של הכדור מרגע הזריקה ועד לפגיעה ברצפת המעלית?

ד. מהי הדרך אותה עשה הכדור ביחס למעלית וביחס לכדה"א עד אשר הגיע לשעון בפעם השנייה?

ה. מהי מהירות הכדור ביחס לכדה"א ברגע הפגיעה ברצפת המעלית?

**6) כדור נזרק במעלית מאיצה**

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

ברגע שמהירות המעלית היא $4\frac{m}{sec}$ 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:

1) א. $t = 30.8\sec$ ב. לא.

2) א. $v_2' = \left(-24.01\frac{m}{sec}, 15\frac{m}{sec}\right)$ ב. $\theta_2' = 148°$

3) מהירות: $V_y = -70.79\frac{km}{hr}$ , $V_x = 29.21\frac{km}{hr}$ , גודל וכיוון: ראה סרטון.

4) א. $\sin\theta = -\frac{V_r}{V_{br}}$ ב. $V_{bx} = \sqrt{V_{br}^2 - V_r^2}$ ג. $t = \frac{d}{\sqrt{V_{br}^2 - V_r^2}}$

5) א. $t = 1.36\sec$ ב. $S = 2.62m$ ג. $t = 1.36\sec$ ד. S=5.72m

ה. $v_1 = -2.8\frac{m}{sec}$

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 8 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה

### תוכן העניינים

1. תרגילים ..... 65

# 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.

א. חשב את תאוצת הגוף עד לרגע בו כבה המנוע.

ב. מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.

ג. מהו הזמן מרגע השיגור ועד לרגע בו פוגעת החללית בקרקע?

ד. מהי מהירות החללית ברגע פגיעתה בקרקע?

צופים שנמצאים במרחק 50 מטרים ממקום השיגור מתחילים לברוח מהרגע בו כבה המנוע.

ה. 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 לשניה ובזווית של 60 מעלות מעל האופק.

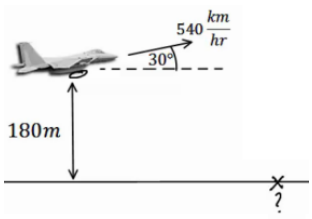
א. מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?

ב. מהו המרחק האופקי שבו יפגע הכדור חזרה בקרקע?

ג. מהי מהירות הכדור (גודל וכיוון) ב- $t = 2\sec$ ?

**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.



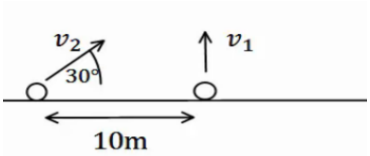

א. היכן תפגע הפצצה בקרקע?

ב. מהו גודל מהירות הפגיעה של הפצצה בקרקע?

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

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

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

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

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

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 9 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים


1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי ..... 67
2. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי ..... 76
3. חוק שני של ניוטון ..... 80
4. הכוח האלסטי- קפיץ ..... 95

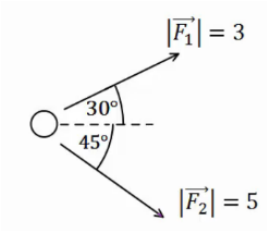
# הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

## שאלות:

### דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

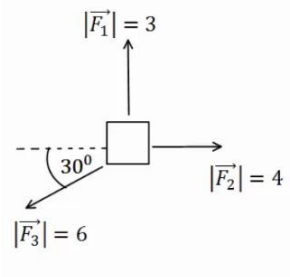
**1) דוגמה 1**

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



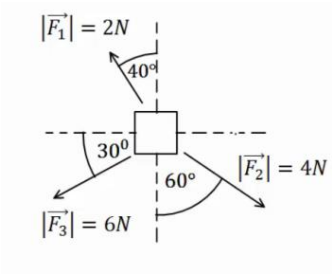

**2) דוגמה 2**

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:




**3) דוגמה 3**

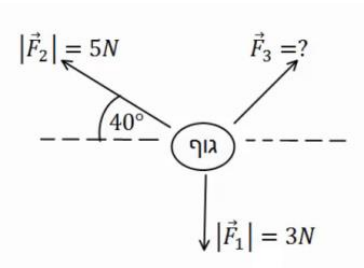
חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:




**4) דוגמה 4**

באיור הבא נתונים הכוחות $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר.

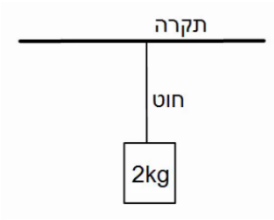
מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



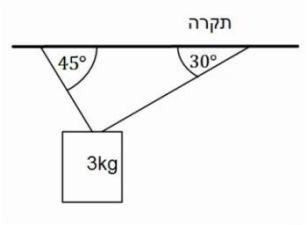

**5) דוגמה 5**

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.

מהי המתיחות בחוט אם מסת הגוף היא 2 ק"ג?

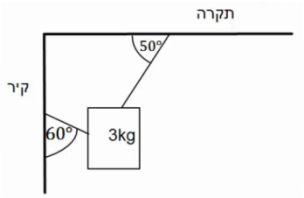


**6) דוגמה 6**



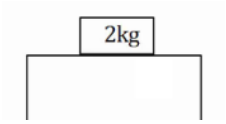

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים,
לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

**7) דוגמה 7**




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

**8) דוגמה 8**



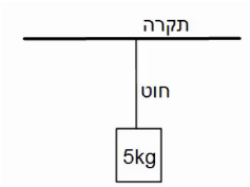

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.

א. שרטט תרשים כוחות על המסה.

ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל מהשולחן על המסה?

ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח הנורמלי הפועל על השולחן מהמסה?

**9) דוגמה 9**




מסה של 5 ק"ג תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.

א. מהי המתיחות בחוט?

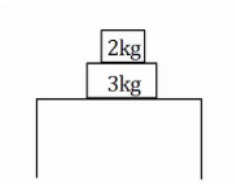
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?

ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה התקרה על החוט?

**10) דוגמה 10**

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

**11) דוגמה 11**




במערכת הבאה ישנה מסה של 3 ק"ג הנמצאת במנוחה על שולחן.
על המסה מונחת מסה נוספת של 2 ק"ג.

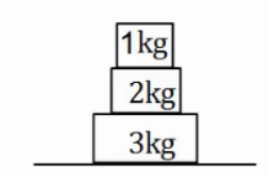
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.

ב. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה העליונה.

ג. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על המסה התחתונה מהשולחן.

ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.

**12) דוגמה 12**



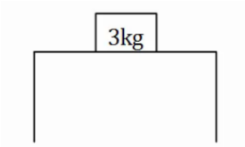

שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בציור.

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.

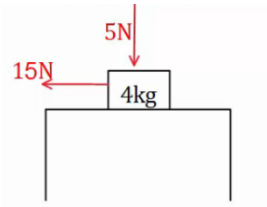
מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.

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.

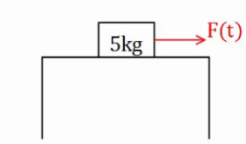
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.

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.

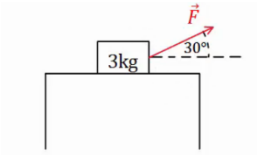
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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**

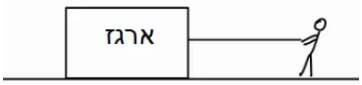



גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזוית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

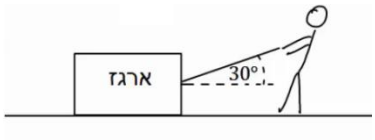
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

**17) דני מושך במקביל לקרקע**




דני מושך ארגז במקביל לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל דני, אם הארגז נע במהירות קבועה.

**18) ירון מושך בזווית**

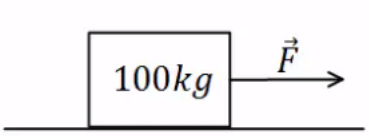



ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

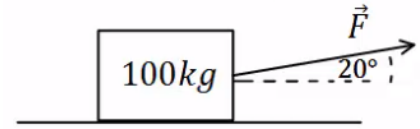
**19) כוח בכמה כיוונים**

מצא מה גודל הכוח הדרוש להזיז את הארגז במהירות קבועה בכל אחד מהמקרים הבאים.
מסת הארגז היא 100 ק"ג ומקדם החיכוך של הארגז עם הרצפה הוא: $\mu_k = 0.4$.

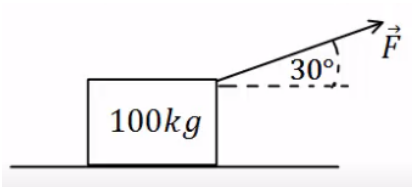
א. כוח מושך אופקי



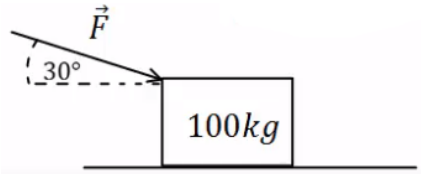

ב. כוח מושך בזווית של 20°



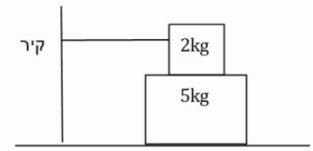

ג. כוח מושך בזווית של 30°




ד. כוח דוחף בזווית של 30° מתחת לאופק



**20) מסה על מסה קשורה לקיר**



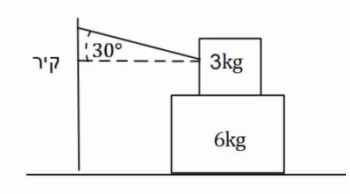

מסה של 2 ק"ג מונחת מעל מסה של 5 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה
למשטח הם: $\mu_k = 0.2$ , $\mu_s = 0.3$ .

א. מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל
על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?

ב. מה המתיחות בחוט, אם הכוח הוא אותו כוח שחישבת בסעיף א'?

ג. מה הכוח אותו יש להפעיל על מנת למשוך את המסה התחתונה במהירות
קבועה? הנח שהמסה כבר בתנועה.

**21) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית**



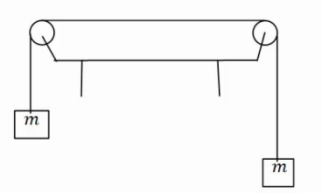

מסה של 3 ק"ג מונחת מעל מסה של 6 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30
מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות וביו המסה
התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$ .

א. מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל על המסה התחתונה בכיוון
ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?

ב. מהי המתיחות בחוט, אם גודל הכוח הינו זהה לערך אותו חישבת בסעיף א'?

**22) שתי משקולות תלויות על שולחן**

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

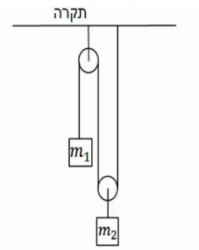



א. מהי המתיחות בחוט?

ב. מהו הכוח (גודל וכיוון) שמפעיל המוט המחבר
את הגלגלת לשולחן עבור כל גלגלת?

ג. האם היה שינוי בתשובתך לסעיפים הקודמים
במידה והמסות היו נעות במהירות קבועה לאחד הכיוונים?

**23) יחס מסות**



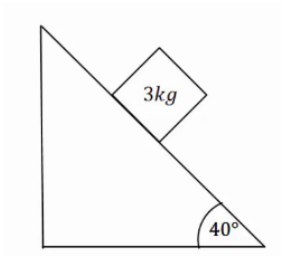

שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים
לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

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

ב. מצא את המתיחות בכל חוט במערכת, אם ידוע ש: $m_2 = 40gr$ .

**המישור המשופע:**

**24) מסה בשיפוע**

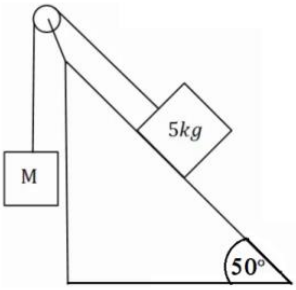



מסה של 3 ק"ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

א. שרטט תרשים כוחות לבעיה.

ב. מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

**25) מסה בשיפוע ומסה באוויר**



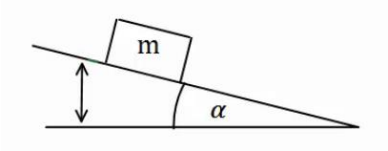

מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

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

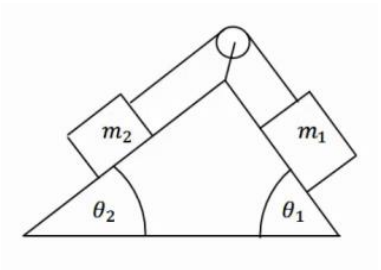
אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.

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**



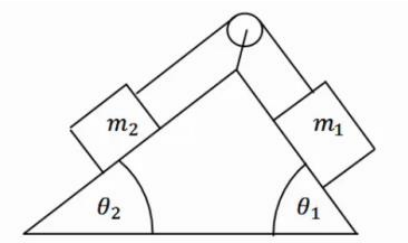

במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן $\theta_1, \theta_2$. שתי מסות שונות $m_1, m_2$ מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.

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

מצא את $m_2$.

## תשובות סופיות:

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

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

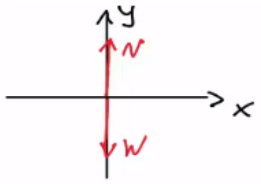
3) $\sum F_x = -3.03N$ , $\sum F_y = -3.47N$

4) גודל: $|\vec{F}| \approx 3.84N$ , כיוון: $\theta_{F3} = -3.14°$.

5) $T = 20N$

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

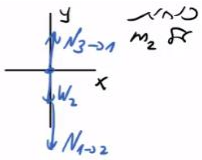
7) $T_1 \approx 26.30N$ , $T_2 \approx 19.48N$

8) א. 

ב. 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) $T = 50N$

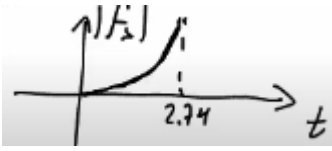
11) א. 

ב. $N_{21} = 20$ ג. $N_{32} = 50$
ד. $N_{23} = 50N\hat{y}$

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

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

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

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


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

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

18) $T \approx 41.41N$

19) א. $F = 400N$ ב. $F \approx 371.57N$ ג. $F = 375.23N$ ד. $F = 600.58N$

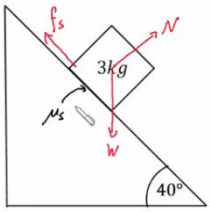
**20)** א. $F_{max} = 27N$ ב. $T = 6N$ ג. $F = 18N$

**21)** א. $F_{max} = 33.34N$ ב. $T = 8.86N$

**22)** א. $T = 40N$ ב. $\theta = 45° \ , \ F = 56.57N$ ג. לא.

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

**24)** א.




ב. $f_s = mg\cos 50° \approx 19.28N \ , \ N \approx 22.98N$

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

**26)** א. $\alpha = 11.31°$ ב. $\alpha = \text{shif}\tan(\mu_s)$ ג. ראה סרטון.

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

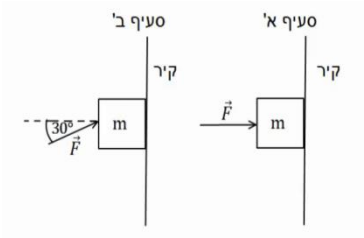
**28)** $m_2 = m_1 \left( \frac{-\mu_k \cos\theta_1 + \sin\theta_1}{\sin\theta_2 + \mu_k \cos\theta_2} \right)$

# תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי:

## שאלות:

**1) מסה מוצמדת לקיר**

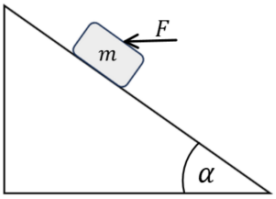
ארגז בעל מסה של 2 ק"ג מוצמד לקיר באמצעות כוח אופקי.
מקדם החיכוך הסטטי בין הארגז לקיר הוא: 0.3.




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

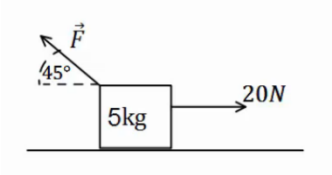
ב. חזור על סעיף א' עבור המקרה בו הכוח פועל בזווית של $30°$ כלפי מעלה ביחס לאופק.

**2) כוח אופקי מינ ומקס על מסה בשיפוע**



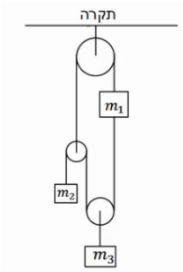

מסה: $m = 2kg$ מונחת על מדרון משופע בעל זווית: $\alpha = 37°$.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא: $\mu_s = 0.15$.
כוח אופקי F פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה.
מהו F המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה?

**3) קופסה עם כוח לא ידוע**



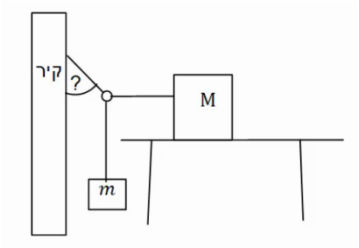

קופסה בעלת מסה של 5 ק"ג מונחת על משטח אופקי.
כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל לציר ה- $x$. בין המשטח לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.
כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של $45°$.
מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.

**4) מערכת גלגלות**



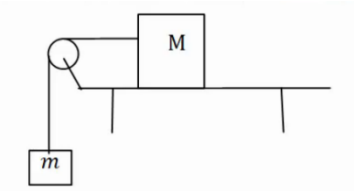

במערכת הבאה כל הגלגלות והחוטים אידיאליים.
המסות $m_1, m_2$ נתונות.
מצא את $m_3$ ואת המתיחויות בכל חוט, אם ידוע כי כל המערכת נמצאת במנוחה.

**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.

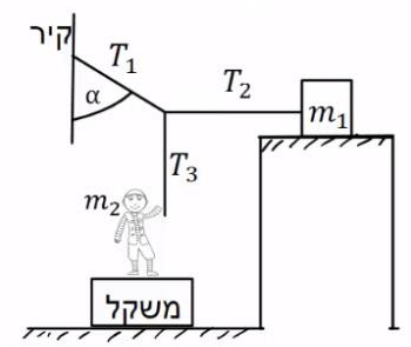
א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי, אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.

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**

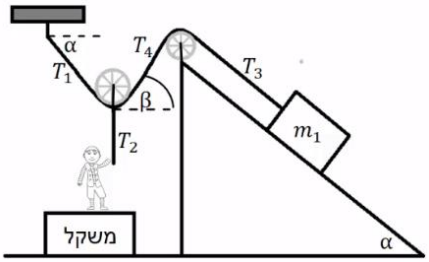



מסה $m_1$ מונחת על משטח אופקי לא חלק.
נער שמסתו $m_2$ מושך את קצה החוט $T_3$, כך שהמסה $m_1$ על סף תנועה. הנער עומד על משקל.
נתון: $\mu_s = 0.2$ , $\alpha = 30°, m_2 = 50kg$.
החוט $T_2$ אופקי ו-$T_3$ אנכי.
הוראת המשקל היא: 450N.

א. חשב את המתיחות בחוטים: $T_1, T_2$ ו-$T_3$.

ב. חשב את ערכה של מסה $m_1$.

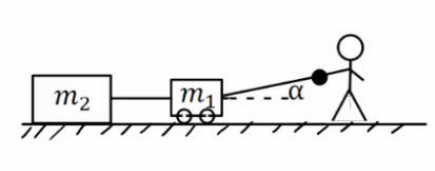
**8) נער מושך בחוטים שוב**




מסה $m_1$ מונחת על משטח משופע לא חלק.
נער שמסתו $m_2$ מושך את קצה החוט $T_2$.
החוט $T_2$ מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה. הנער עומד על משקל.
נתון: $\alpha = 40°, m_1 = 80kg, m_2 = 60kg$ , $\mu_s = 0.2$.
החוט $T_2$ מאונך ו-$T_3$ מקביל למדרון.
הוראת המשקל היא: 120N.

א. חשב את הזווית $\beta$ (הזווית בין החוט לאופק).
ב. חשב את המתיחות 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**

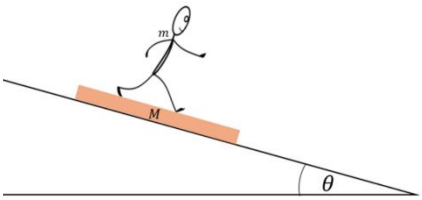



בתרשים שלפניך מוצגת מערכת.
אדם מושך עגלה שמסתה $m_1 = 15kg$ באמצעות חוט.
החוט בזווית $\alpha = 30°$ עם הציר האופקי, ראה תרשים.
החיכוך בין העגלה למשטח ניתן להזנחה.
לעגלה מחוברת משקולת $m_2 = 25kg$.
מקדם החיכוך בין המשקולת למשטח שווה $\mu_k = 0.2$.
מערכת הגופים נעים במהירות קבועה.

א. מהי המתיחות 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:

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

2) $F_{min} = 10.8N$ , $F_{max} = 20.4N$

3) $F \approx 17.68N$

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

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

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

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

7) א. $T_1 = 57.7N$ , $T_2 = 28.9N$ , $T_3 = 50N$ ב. $m_1 = 14.5kg$

8) א. $\beta = 40°$ ב. $T_2 = 480N$ , $T_1 = T_4 \approx 373N$

ג. $f_s = 141N$ , כיוון : במעלה המדרון.

9) $T_2 = 50N$ ב. $T_1 = 57.7N$

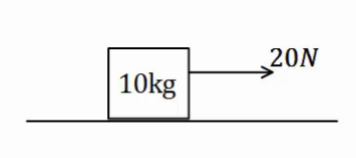
10) א. במורד המישור. ב. $\frac{7}{2} g \sin\theta$ ג. $\mu_{s_{min}} = \frac{\tan\theta}{0.4}$

ד. במעלה המישור. $a = 1.4 g \sin\theta$

# חוק שני של ניוטון:

## שאלות:

**1) דוגמה 1**

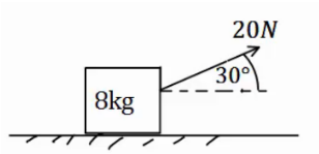



כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

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).

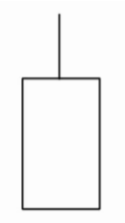
**4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות**

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- $t = 4\sec$?

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

**5) כוחות על מעלית**



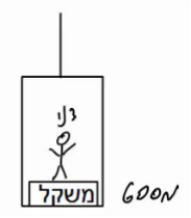
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשניה בריבוע,
באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

א. שרטט תרשים כוחות על המעלית.
הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.

ב. שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.

ג. מהי המתיחות בכבל?

**6) משקל במעלית**




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

א. מהי מסתו של דני?

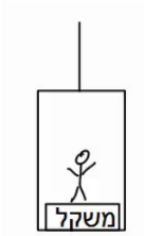
ב. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?

ג. מה יראה המשקל אם המעלית עולה בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?

ד. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?

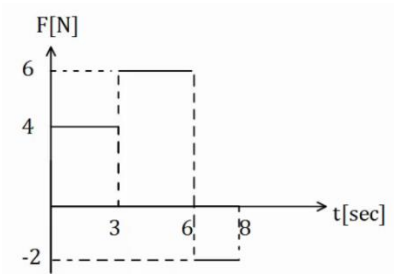
ה. מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

**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 לשניה בריבוע, ופעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מטה של 1 מטר לשניה בריבוע.
ההפרש בין המדידות הוא 12 ק"ג.
מהי מסתו האמיתית של יוסי?

**8) גרפים 1**



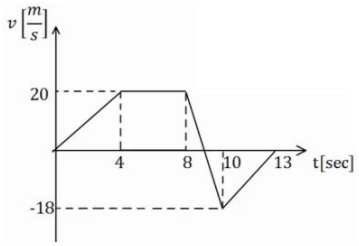

בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

א. מצא את תאוצת הגוף כתלות בזמן אם מסת הגוף היא 5 ק"ג.

ב. מצא את מהירות הגוף כתלות בזמן אם מהירותו ההתחלתית היא: $v_0 = 0$.

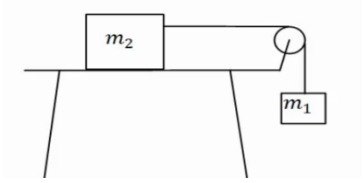
ג. מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0 = 0$.

**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 $m_2 = 5kg$ 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: $3m$.

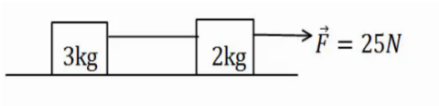
א. מצא את גודלה המינימלי של $m_1$, עבורה המערכת תהיה בתנועה.

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**

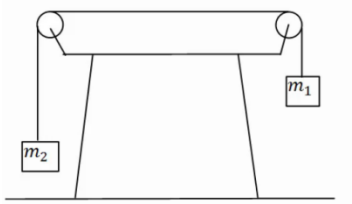
מסה של 2 ק״ג נמצאת במנוחה על
משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות
חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק״ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
המסה השנייה מחוברת למסה של 4 ק״ג בצורה דומה.
כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

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

ב. חזור על סעיף א׳ במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח הקודם ומקדם החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.2$.

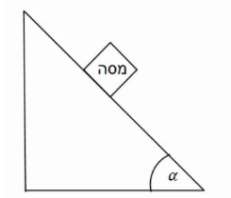
**13) שתי מסות תלויות**

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




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

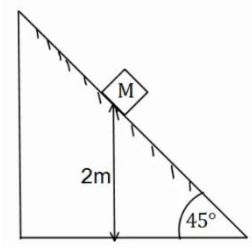
**14) מדרון משופע בסיסי**




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

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

**15) מדרון משופע עם חיכוך**

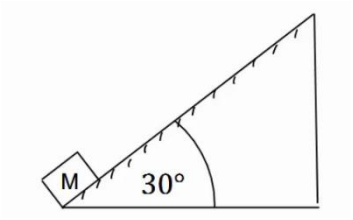



מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2 מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45 מעלות ומקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_k = 0.1$ , $\mu_s = 0.2$.

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

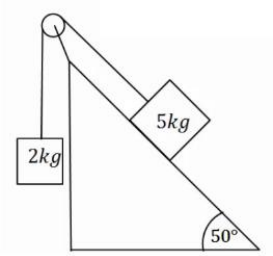
**16) מסה נזרקת במעלה המדרון**

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




א. מצא את תאוצת המסה.
ב. רשום משוואת מיקום-זמן עבור תנועת המסה.
ג. מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
ד. האם המסה תיעצר בשיא הגובה?
ה. 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?

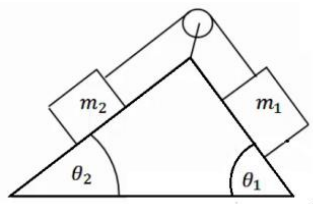
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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

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: $m_2 = 4kg$ , $m_1 = 2kg$ , $\theta_2 = 30°$ , $\theta_1 = 45°$ .

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

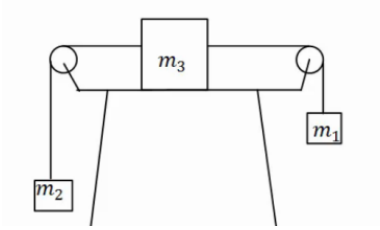
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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

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: $m_3 = 4kg$ , $m_2 = 2kg$ , $m_1 = 14kg$ .

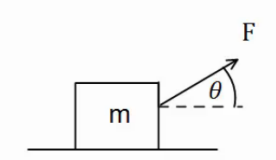
א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין $m_3$ לשולחן.

כעת הנח שיש חיכוך בין $m_3$ לשולחן ומקדמי החיכוך הם: $\mu_k = 0.2$ , $\mu_s = 0.25$ .

ב. האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?

ג. מצא שוב את תאוצת הגופים והמתיחות בחוטים.

**20) זווית אופטימלית למשיכה**



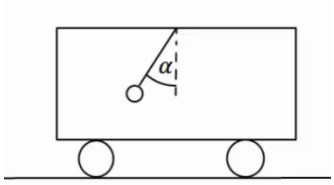

כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק.
מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא $\mu_k$.

א. מצא את תאוצת הכוח כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.
(הנח כי יש תנועה והארגז לא מתרומם מעל הקרקע).

ב. הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3.
בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית יש את התאוצה הגבוהה ביותר: $\theta = -10°,\ 0°,\ 10°,\ 20°,\ 30°,\ 45°$.

ג. מצא את הזווית המדויקת בה התאוצה תהיה מקסימלית.
השתמש בנגזרת.

**21) מטוטלת במכונית**

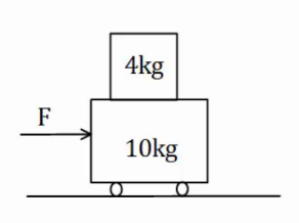



מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.
המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה $\alpha$,
ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

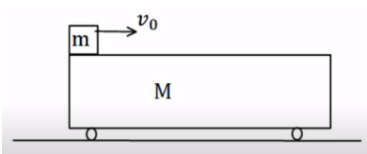
ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

**22) מסה של 4 על עגלה של 10**




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

**23) מסה מחליקה על עגלה**




מסה m מונחת מעל עגלה בעלת מסה M הנמצאת במנוחה.
המסה מונחת בקצה השמאלי של העגלה.
נותנים למסה העליונה בלבד מהירות התחלתית $v_0$.
בין המסה לגג העגלה קיים חיכוך והחיכוך בין העגלה למשטח זניח.

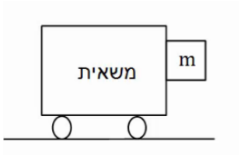
נתון: $m = 3kg$ , $M = 12kg$ , $v_0 = 20\frac{m}{sec}$ , $\mu_k = 0.2$.

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

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

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

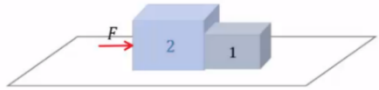
**24) מסה צמודה למשאית**




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

**25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות**

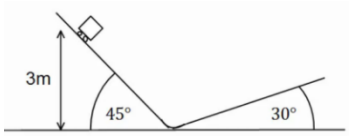
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן: $m_1 = 3kg$ ו- $m_2 = 5kg$. כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16N$. חשב את:




א. התאוצה של כל תיבה.
ב. הכוח הנורמלי $N_{1\to2}$ שבו התיבה הראשונה דוחפת את השניה.
ג. הכוח הנורמלי $N_{2\to1}$ שבו התיבה השניה דוחפת את הראשונה.

**26) קופסה בין מדרונות**

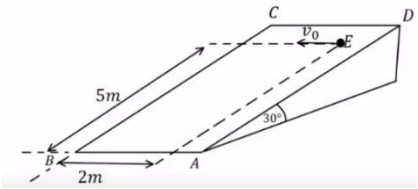
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45 מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של 30 מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.




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

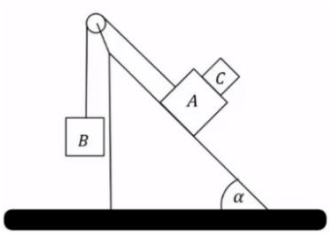
**27) זריקה אופקית על מישור משופע**

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




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

**28) גוף על גוף במישור משופע**



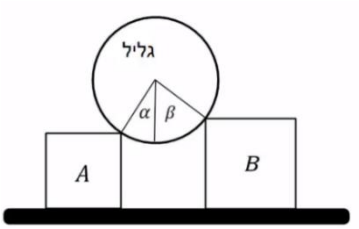

גוף A בעל מסה $m_A$ וגוף B בעל מסה $m_B$ מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית $\alpha$. גוף C בעל מסה $m_C$ מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא $\mu_s$. הבא את התשובות באמצעות: $\mu_s$ , $\alpha$ , $m_C$ , $m_A$.

א. מהי המסה המרבית של גוף B כך שגוף C וגוף A ינועו יחדיו במעלה המישור?

ב. מהי תאוצת הגופים והמתיחות בחוט אם המסה של גוף B היא זאת שמצאת בסעיף א' (או טיפה קטנה ממנה)?

ג. מהן תאוצות הגופים אם המסה של גוף B גדולה מזו שמצאת בסעיף א' ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k$?

**29) גליל על שני ארגזים**

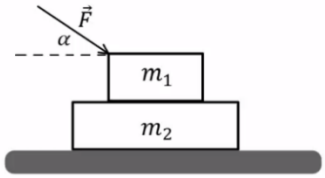



גליל אחיד שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$ ו- $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך. כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים רדיוסי הגליל הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של $\alpha = 30°$ ו- $\beta = 45°$ עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: m , g.

א. מה הכוח שמפעיל כל ארגז על הגליל?

ב. 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: $\mu_k$ , $\mu_s$.

כוח חיצוני $\vec{F}$ מופעל על הגוף העליון בזווית $\alpha$ מתחת לאופק.

הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים: $\mu_k$ , $\mu_s$ , g , m , $\alpha$ , F.

א. בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהי התאוצה המשותפת?

ב. בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהו גודלו של כוח החיכוך בין הגופים?

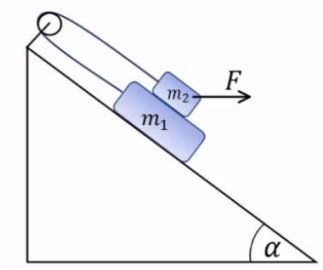
ג. מהו גודלו המקסימלי של $\vec{F}$ כך שהגופים ינועו יחדיו?

ד. נתון כי: $\mu_s = 0.2$ , $\mu_k = 0.15$ , $\alpha = 30°$.

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

ה. חזור על סעיף ד' כאשר: $F = 3mg$.

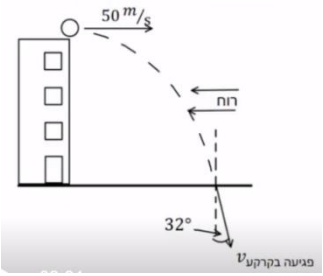
**31) מסה על מסה מחוברות בגלגלת**




נתונה מערכת הכוללת שני גופים: $m_1 = 4kg$ , $m_2 = 3kg$.
הגופים קשורים על ידי חוט וגלגלת אידאלית ומונחים על מישור משופע בעל זווית $\alpha = 30°$.
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 $F = 40N$ מהי תאוצת הגופים?

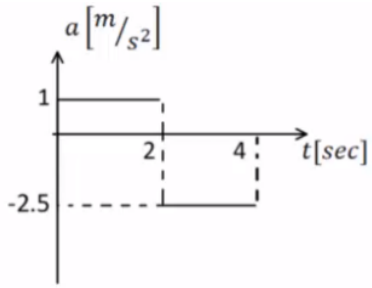
**32) זריקה אופקית בהשפעת רוח***



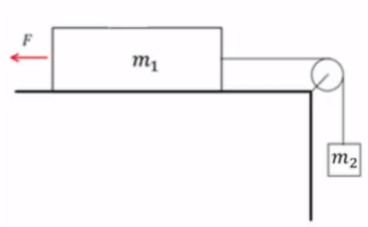

כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
מסת הכדור היא 500 גרם.

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: $m_1 = 6kg, F = 15N$.
הגרף באיור מתאר את התאוצה של $m_1$ כפונקציה של הזמן עבור 4 השניות הראשונות של התנועה.
הכיוון החיובי הוא ימינה.



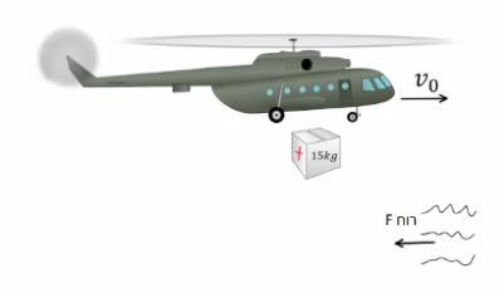

א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה:
i. שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.
ii. רשמו את המיקום כתלות בזמן של $m_1$.
iii. חשבו את $m_2$ ואת המתיחות בחוט.

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 טס אופקית במהירות: $v_0 = 198\frac{km}{hr}$
בגובה 90 מטר מעל הקרקע. 2 שניות אחרי תחילת נפילתה של החבילה החלה לנשוב רוח שהפעילה על החבילה כוח אופקי F קבוע בכיוון המנוגד ל- $v_0$.
התייחסו לחבילה כאל גוף נקודתי.
הניחו כי פרט לכוח F האוויר אינו מפעיל שום כוח נוסף.

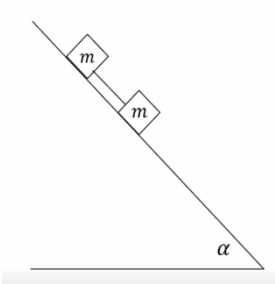
א. האם הרוח (המתבטאת כאן בכוח F קבוע שהחל לפעול 2 שניות לאחר תחילת התנועה) משפיעה על ערכם של:
   i. הזמן שלקח לחבילה להגיע לקרקע? נמק.
   ii. מהירות הפגיעה של החבילה בקרקע? נמק.

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

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

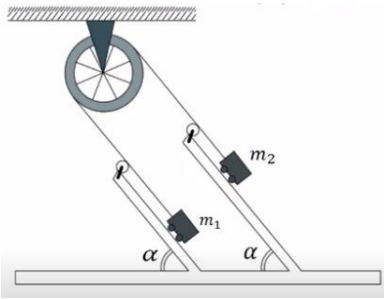
ד. בכמה מטרים הייתה מוסטת נקודת הפגיעה של החבילה בקרקע אילו לא נשבה רוח במהלך תנועתה?

**35) שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע**




שני גופים בעלי מסה זהה m קשורים בחוט ונמצאים על מדרון משופע לא חלק בעל זווית $\alpha$.
משחררים את הגופים ממנוחה והם מתחילים להחליק במורד המדרון. מקדם החיכוך הקינטי בין שני הגופים למשטח הוא $\mu_k$.
מצאו את המתיחות בחוט במהלך התנועה.

**36) מכונת אטווד משופעת**




תלמידים בנו מכונת אטווד "משופעת".
שתי העגלות נעות ללא חיכוך על לוחות משופעים
כשהן קשורות בחוט שעובר דרך גלגלת שמסתה זניחה.
זווית השיפוע $\alpha$ ניתנת לשינוי.
מסות הגופים הן: $m_1 = 3kg$ , $m_2 = 6kg$ .
בטאו תשובותיכם בסעיפים א', ב', ג' באמצעות $\alpha$ .

א. תלמידה מחזיקה את העגלה $m_2$ כך שלא תזוז.
מהי המתיחות בחוט?

ב. התלמידה משחררת את המסה $m_2$ .
מהי תאוצת הגופים ומהי המתיחות בחוט כעת?

ג. החוט יכול לשאת עומס מקסימאלי של $25N$ .
מהו הערך המירבי של $\alpha$ 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 המתיחות בחוט?
הניחו בסעיפים ד' ו-ה כי המרחק בין הלוחות גם הוא גדול מאוד ביחס לאורך החוט.

## תשובות סופיות:

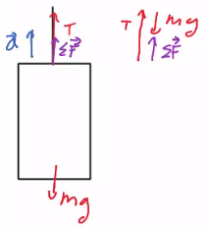
1) א. $a_x = 2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $t = \sqrt{30}\,\text{sec}$

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

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

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

5) א.

ב. 

ג. $T = 6300\text{N}$

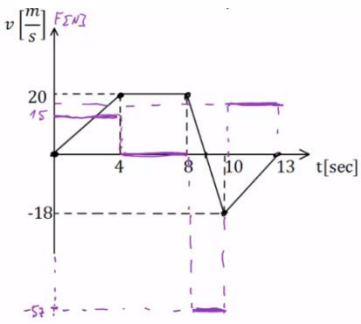
6) א. $m_{Dani} = 60\text{kg}$ ב. כמו סעיף א'. ג. $m_{Dani} = 78\text{kg}$
ד. $m_{Dani} = 42\text{kg}$ ה. 0

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

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

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

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



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

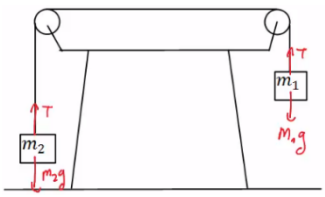
ד. $v_2(t=1.55)\approx 3.87\frac{m}{sec}\hat{x}$ , $v_1(t=1.55)\approx 3.87\frac{m}{sec}\hat{y}$

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

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

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

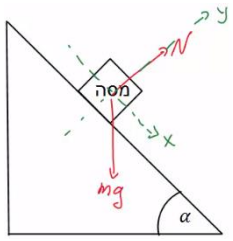
**13)** א.




ב. $a=5\frac{m}{sec^2}$ ג. $m_1$ תרד כלפי מטה.

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

**14)** א.




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

מהירות-זמן: $v(t)=g\sin\alpha\cdot t$

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

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

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

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

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

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

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

ג. $a=5.6\frac{m}{sec^2}$

**20)** א. $a=\frac{F}{m}(\cos\theta+\mu_k\sin\theta)-\theta_k g$ ב. $\theta=20°$ ג. $\theta_0\approx16.6992°$

**21)** א. גודל: $a_x=g\tan\alpha$ , כיוון: חיובי. ב. לא.

**22)** $F=\mu_s(m_1+m_2)g=28N$

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

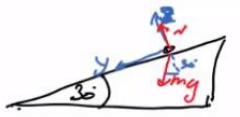
ג. $v(t=8)=4\frac{m}{sec}$

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

**25)** א. $a=2\frac{m}{sec^2}$ ב. $N_{1\to2}=6N$ ג. $\vec{N}_{2\to1}=6N\hat{x}$

**26)** א. $h_{max}=3m$ ב. $h_{max}=1.78m$

**27)** א. $\sum F_z=N-mg\cos30°$ , $\sum F_y=mg\sin30°$ , $\sum F_x=0$




ב. פרבולה. ג. $v_0=\sqrt{2}\frac{m}{sec}$ ד. $v_y(t_B)\approx7.07\frac{m}{sec}$

**28)** א. $m_{Bmax}=\frac{(m_A+m_C)\mu_s\cos\alpha}{1+\sin\alpha-\mu_s\cos\alpha}$

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

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

**29)** א. $N_A=0.732mg$ , $N_B=0.518mg$ ב. $\mu_s\geq0.224$

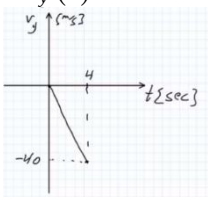
**30)** א. $a=\frac{F\cos\alpha}{2m}$ ב. $f_s=\frac{F\cos\alpha}{2}$ ג. $F_{max}=\frac{2\mu_s mg}{\cos\alpha-2\mu_s\sin\alpha}$

ד. $a\approx2.17\frac{m}{sec^2}$ ה. $a_1=22.2\frac{m}{sec^2}$ , $a_2=3.75\frac{m}{sec^2}$

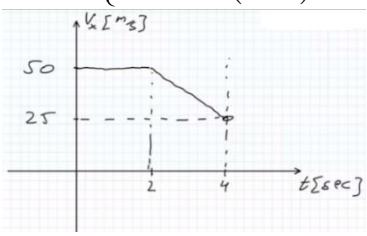
**31)** א. $F_{max}=31.05N$ ב. $a=1.81\frac{m}{sec^2}$

**32)** א.i. אינה משפיעה. ii. משפיעה. ב.i. $F=6.25N$

ii. $v_y(t)=-10\cdot t$

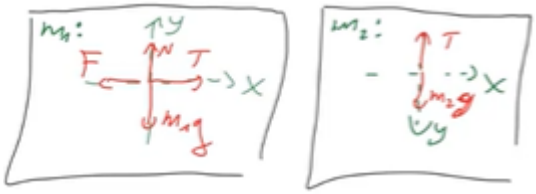



$$v_x(t)=\begin{cases}50 & 0<t<2\\ 50-12.5(t-2) & 2<t<4\end{cases}$$




ג. $\sigma_x=25m$

**33)** א.i.

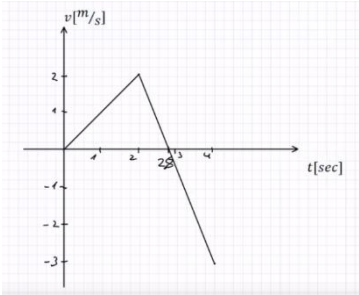



ii. $x(t)=\frac{1}{2}t^2$

iii. $T=21N$ , $m_2=2.33kg$

ב. כן, מכיוון שהשטח השלילי מתחת לגרף גדול מהשטח החיובי המהיר תשנה כיוון.
שינוי הכיוון : $x=2.8m$ , $t=2.8sec$.

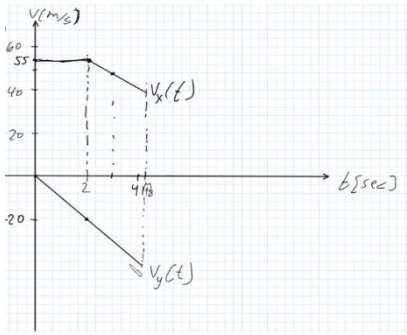
ג.




ד. $\mu_{s\min}=0.25$

**34)** א.i. לא משפיעה. ii. משפיעה. ב. $F\approx 84.1N$

ג.




ד. $\Delta x=14m$

**35)** $T=0$

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

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

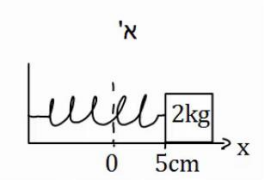
# הכוח האלסטי - קפיץ:

## שאלות:

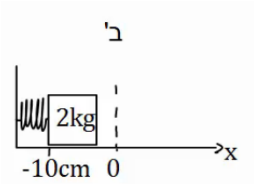
**1) דוגמה 1**

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

בין הגוף למשטח אין חיכוך.




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




ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

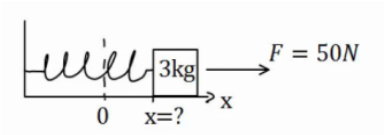
כעת נתון כי בין הגוף למשטח קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

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

**2) דוגמה 2**

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

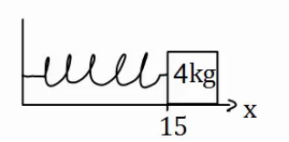
בין הגוף למשטח אין חיכוך.




על הגוף פועל כוח ימינה שגודלו 50 ניוטון.
קבע את ראשית הצירים בנקודת הרפיון של הקפיץ.
היכן נמצאת נקודת שיווי המשקל?
(הנקודה בה סכום הכוחות שווה לאפס).

**3) דוגמה 3**

גוף בעל מסה של 4 ק"ג מחובר לקיר באמצעות קפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 50\frac{N}{m}$.

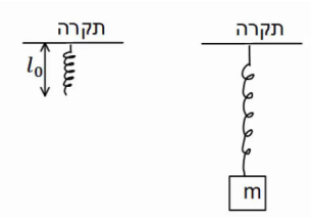



בין הגוף למשטח אין חיכוך.
אורכו הרפוי של הקפיץ הוא 10 ס"מ.

א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.
ב. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 6 ס"מ מהקיר.
ג. חשב את תאוצת הגוף בכל נקודה אם על הגוף פועל כוח שגודלו 10 ניוטון שמאלה.

**4) שיטה למדידת קבוע קפיץ**

מסה $m$ תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא $l_0$.

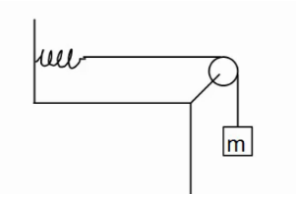



משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

א. מה מיוחד בנקודה זו?

ב. מודדים את מרחק המסה מהתקרה בנקודה זו. מצא באמצעות מרחק זה והפרמטרים בשאלה את קבוע הקפיץ.

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



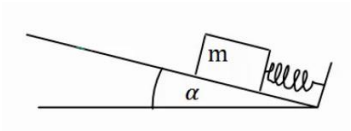

מסה $m=5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ.
הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.
קבוע הקפיץ הוא: $k=10\frac{N}{m}$.

א. משחררים את המסה בנקודה בה היא נשארת במנוחה. מצא את התארכות הקפיץ.

ב. מושכים את המסה 5 ס"מ נוספים ומשחררים. מהי תאוצת המסה ברגע השחרור?

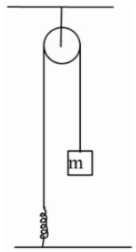
**6) קפיץ בשיפוע**

מסה $m$ נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית $\alpha$.



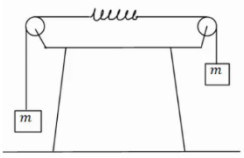

מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ $k$.
אין חיכוך בין המסה למשטח.
בכמה מכווץ הקפיץ ממצבו הרפוי?
התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

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



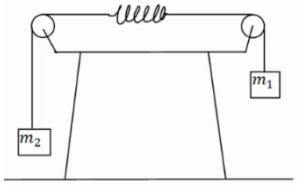

מסה $m$ מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת אידיאלית המחוברת לתקרה.
הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא $k$.
מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

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




במערכת הבאה שתי מסות זהות $m$ תלויות משני צידיו של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים.
באמצע החוט ישנו קפיץ בעל קבוע קפיץ $k$.
מצא את התארכות הקפיץ.

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




במערכת הבאה שתי מסות שונות: $m_1 = 3kg$ , $m_2 = 1kg$,
תלויות משני צידיו של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים.

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

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.

ב. מצא את התארכות הקפיץ.

**10) מסה תלויה ומתיחה**

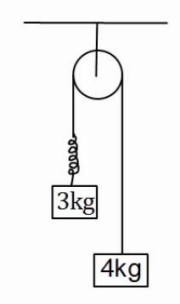
מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי.

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

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 אידאלית.

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

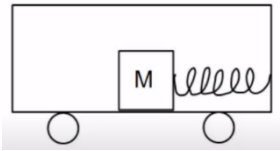
הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?

ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?

**12) קפיץ במכונית נוסעת**

מסה $m = 5kg$ נמצאת על רצפת מכונית.




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

קבוע הקפיץ הוא: $k = 30\frac{N}{m}$.

הנח שאורך הקפיץ קבוע.

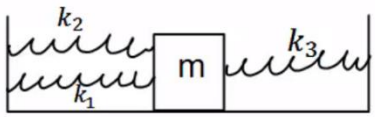
א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?

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.

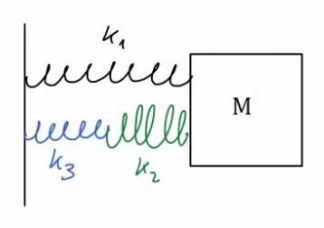
**13) מסה עם שלושה קפיצים**

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




נתון כי: $k_1 = 3\frac{N}{m}$ , $k_2 = 5\frac{N}{m}$ , $k_3 = 12\frac{N}{m}$ .
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 $m = 4kg$ מחוברת לשלושה קפיצים בעלי קבועי קפיץ שונים. הנח שכל הקפיצים רפויים כאשר המסה נמצאת ב- $x = 0$ .
מהי תאוצת המסה כאשר מיקומה הוא: $x = 0.2m$
אם קבועי הקפיצים הם: $k_1 = 3\frac{N}{m}$ , $k_2 = 5\frac{N}{m}$ , $k_3 = 12\frac{N}{m}$ .

## תשובות סופיות:

1) א. גודל: $-1.25\frac{m}{sec^2}$, הכיוון חיובי. ב. גודל: $a=2.5\frac{m}{sec^2}$, הכיוון חיובי.
ג. $x=8cm$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 10 - עבודה ואנרגיה

### תוכן העניינים

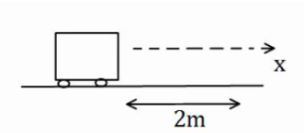

1. העבודה שמבצע כוח ..... 100
2. אנרגיה קינטית והקשר לעבודה ..... 102
3. אנרגיה פוטנציאלית-כובדית ..... 103
4. אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה ..... 104
5. עבודת החיכוך וחום ..... 107
6. אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ ..... 109
7. חוק שימור האנרגיה- הרחבה ..... (ללא ספר)
8. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
9. תרגילים ..... 110

# העבודה שמבצע כוח:

## שאלות:

**1) דוגמה 1**

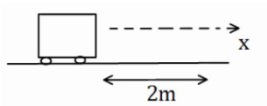
כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-$x$.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:




א. בכיוון ציר ה-$x$.
ב. בכיוון $30°$ עם ציר ה-$x$.
ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-$x$.

**2) דוגמה 2**

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



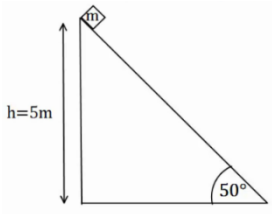

א. בכיוון ציר ה-$y$.
ב. בכיוון $30°$ מעל ציר ה-$x$ השלילי.
ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-$x$ השלילי.

**3) דוגמה 3**

גוף נופל נפילה חופשית מגובה של 8 מטרים מעל הקרקע. מסת הגוף היא 3kg.

א. חשב את עבודת כוח הכובד עד לפגיעה בקרקע.
ב. חשב שוב את העבודה אם הגובה והמסה נתונים כפרמטרים: m , h.

**4) דוגמה 4**




גוף שמסתו $m = 2kg$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$.

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

**5) דוגמה 5**

גוף נע מהנקודה $(1,2)$ לנקודה $(3,5)$.

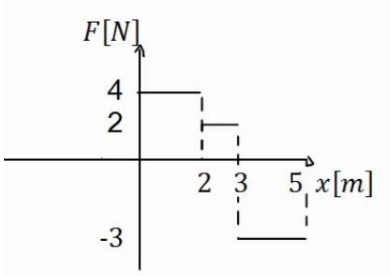
חשב את עבודת הכוחות הבאים הפעלו על הגוף:

א. $\vec{F}=(2,1)$

ב. $\vec{F}=(-3,2)$

**6) כוח כתלות במיקום**

נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.




א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?

ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים האחרונים של התנועה?

## תשובות סופיות:

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

2) א. $W=0$ ב. $W\approx-8.66$ ג. $W\approx-8.66J$

3) א. $W_g=240J$ ב. $W_g=mgh$

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

5) א. $W=7J$ ב. $W=0$

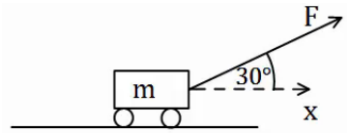
6) א. $W=4J$ ב. $W=-6J$

# אנרגיה קינטית והקשר לעבודה:

## שאלות:

**1) כוח מושך קרונית בזווית**

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



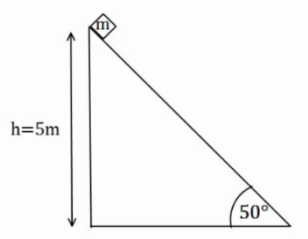

א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.

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

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

**2) המשך לדוגמה 4**

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

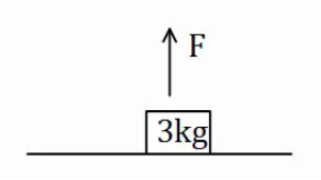



א. מצא את עבודת הכוחות.

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

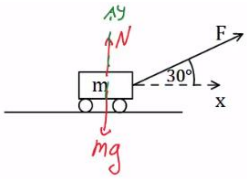
**3) כוח מושך גוף ישר למעלה**

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




## תשובות סופיות:

**1)** א.




ב. $W_N=0=W_g\ ,W_F\approx 216.51J$

ג. $v_F\approx 12.01\frac{m}{sec}$

**2)** א. $W_N=0\ ,\ W_g=100J\ ,W_{fk}=-16.79$

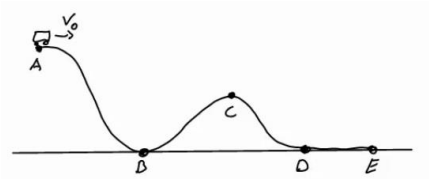
ב. $v_F\approx 9.12\frac{m}{sec}$

**3)** $v_p\approx 10.33\frac{m}{sec}$

# אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

## שאלות:

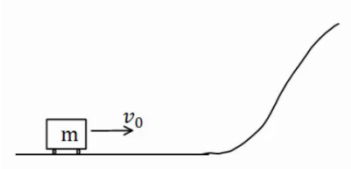
**1) רכבת הרים**




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

**2) עגלה עולה על גבעה**

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




א. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע העגלה?
לאחר שהגיעה לגובה המקסימלי מתחילה העגלה להתדרדר חזרה במורד הגבעה.

ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

## תשובות סופיות:

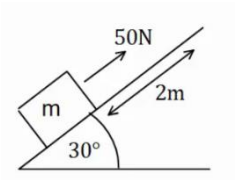
1) $v_B \approx 20.62\frac{m}{sec} = v_E = v_D \ , v_C \approx 15\frac{m}{sec}$

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

# אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

## שאלות:

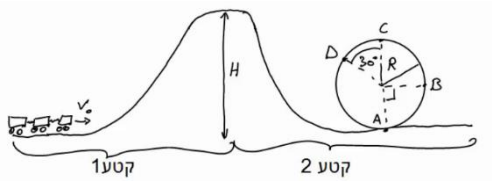
**1) כוח מעלה במדרון משופע**




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

**2) עוד רכבת הרים**

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

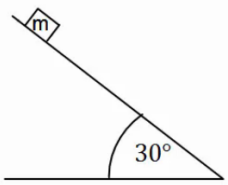



בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H.
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.
בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

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

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

**3) מסה מחליקה במדרון**



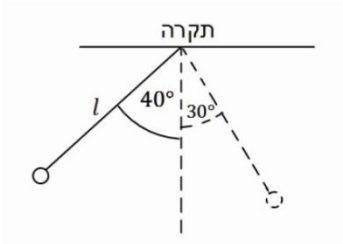

מסה $m = 4kg$ מונחת במנוחה בגובה $h = 5m$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא $30°$.

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

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

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

**4) מטוטלת**




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

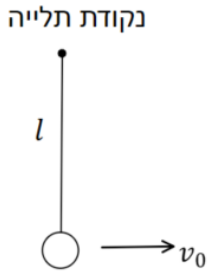
א. מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?

ב. מהי מהירות המטוטלת בתחתית המסלול?

ג. מהי מהירות המטוטלת לאחר שעלתה זווית של $30°$?

ד. מהי הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת?

**5) כדור תלוי על חוט מבצע מעגל**




כדור תלוי במנוחה על חוט שאורכו $l = 30cm$.

א. מקנים לכדור מהירות התחלתית בכיוון אופקי של $v_0 = 2\frac{m}{sec}$.

i. מה יהיה הגובה המקסימלי אליו יגיע?

ii. מה תהיה זווית החוט המקסימלית ביחס לאנך לקרקע?

ב. איזו מהירות מינימלית יש להעניק לכדור (ממצב מנוחה) כדי שיגיע לגובה המקסימלי שהחוט מאפשר לו (l מעל מרכז המעגל) במהירות של $\sqrt{32}\frac{m}{sec}$.
הניחו שהמהירות מספיקה בשביל להשלים את הסיבוב.

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

## תשובות סופיות:

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

2) א. $W_F = mgH$ ב. $v_C = \sqrt{2g(H-2R)}$ , $v_D = \sqrt{2g(H-1.87R)}$

3) א. $v_F = 10\frac{m}{sec}$ ב. $v_F \approx 8.08\frac{m}{sec}$ ג. $v_F \approx 19.11\frac{m}{sec}$

4) א. $W_T = 0$ ב. $v_F \approx 1.55\frac{m}{sec}$ ג. $v_F \approx 1.03\frac{m}{sec}$

ד. $\theta_{max} = 40°$

5) א. i. $20cm$ ii. $\theta_{max} \approx 71°$ ב. $v_0 = \sqrt{44}\frac{m}{sec}$

ג. $v_f = \sqrt{44}\frac{m}{sec}$

# עבודת החיכוך וחום:

## רקע:

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

$$Q = -W_{f_k}$$

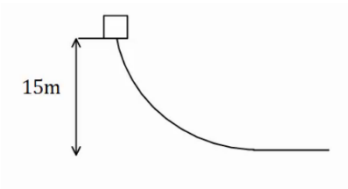
ניתן לחשב את החום שנוצר גם מהשינוי באנרגיה הכללית של הגוף.

## שאלות:

**1) חישוב עבודה**

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

**2) גוף נופל ממסלול עקום**




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

## תשובות סופיות:

1) $-132.5J$
2) $Q = 275J$

# אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ:

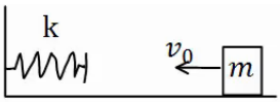
## שאלות:

**1) מסה וקפיץ במישור אופקי**

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

המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה)

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




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

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

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

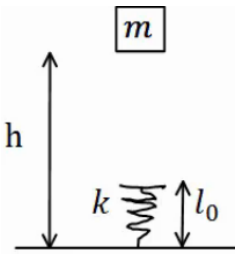
מקדם החיכוך הוא $\mu_k=0.2$ והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא $0.5m$ .

**2) מסה נופלת על קפיץ אנכי**

מסה $m=5gr$ משוחררת ממנוחה מגובה $h=1m$ מעל הרצפה.

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא $l_0=10cm$ , וקבוע הקפיץ הוא $k=100\frac{N}{m}$ .




א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיווץ המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

## תשובות סופיות:

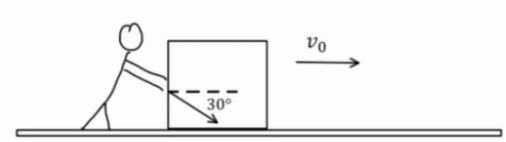
**1)** א. $v_F\approx 4.95\frac{m}{sec}$ ב. $\Delta x\approx 35.4cm$ ג. $v\approx 4.72\frac{m}{sec}$ , $\Delta x\approx 33cm$

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

# תרגילים:

## שאלות:

**1) אדם דוחף ארגז בזווית**




אדם דוחף ארגז שמסתו 80 ק"ג לאורך 2 מטרים על משטח אופקי.
מקדם החיכוך הקינטי בין הארגז למשטח הוא 0.1. האדם דוחף את הארגז בכוח קבוע שגודלו 400 ניוטון בזווית 30 מעלות לכיוון הריצפה.

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

א. ציירו תרשים כוחות על הארגז.

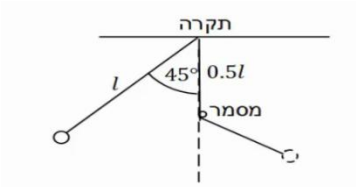
ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות?

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

ד. חשבו את מהירותו הסופית של הארגז משיקולי אנרגיה.

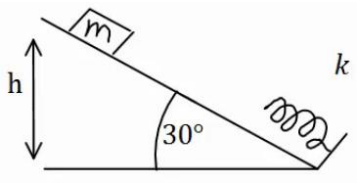
ה. חשבו את תאוצתו של הארגז משיקולי כוחות ומצאו את מהירותו הסופית באמצעות התאוצה שחישבתם.

**2) מטוטלת עם מסמר**




מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך $l = 80cm$.
המטוטלת מוסטת לזווית של $45°$ ומשוחררת ממנוחה.
בגובה $0.5l$ מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר.
מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

**3) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ**

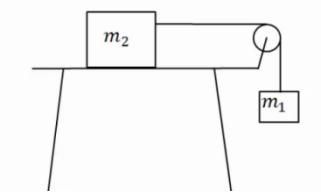



מסה $m = 20gr$ מחליקה מגובה $h = 1m$, וממנוחה, על מדרון משופע בזווית של $30°$.
בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי בעל קבוע קפיץ $k = 100\frac{N}{m}$ ואורך רפוי של 15 ס"מ.

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

ב. חזור על סעיף א' אם קיים חיכוך בין המשטח למסה, ומקדם החיכוך הקינטי $\mu_k = 0.1$.
הנח שהחיכוך הסטטי אינו חזק מספיק לעצור את המסה.

**4) מסה על שולחן ומסה תלויה**




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

א. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של $m_1$ אם השולחן חלק.

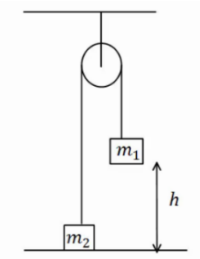
ב. מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה $m_1$.

ג. חזור על סעיף א' כאשר קיים חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד כחום במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

**5) שתי מסות תלויות מהתקרה**

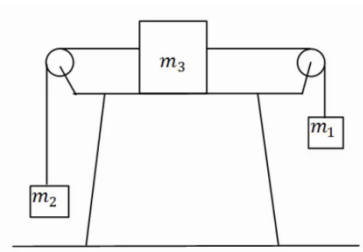
במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.




נתון $m_1 > m_2$, והגובה ההתחלתי של $m_1$ הוא $h$.
מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של $m_1$, אם המערכת מתחילה ממנוחה.

**6) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר**

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

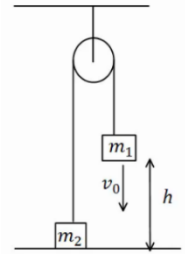



א. מצא את המהירות כתלות בהעתק של $m_1$.
הנח שהשולחן חלק.

ב. חזור על סעיף א' אם יש חיכוך עם השולחן ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.

**7) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה**

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.




נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של $m_1$ הוא $h$.
נותנים ל- $m_1$ מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה $v_0$.

א. מצא את הגובה המינימלי אליו תגיע $m_1$.
(הנח שהיא אינה פוגעת בקרקע).

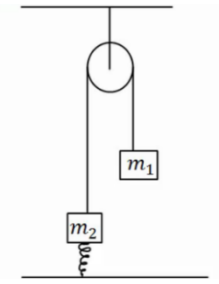
ב. מצא את מהירות הפגיעה בקרקע של $m_2$.

**8) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ**

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

המסה $m_2$ מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.

משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.



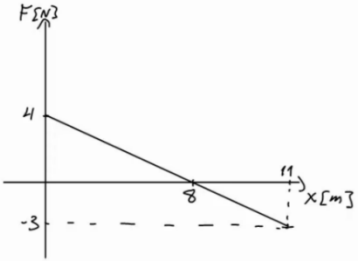

נתון: $m_1 = 4kg$ , $m_2 = 2kg$, $k = 10\frac{N}{m}$.

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?

ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?

ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?

**9) גרף של כוח**




נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.

הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.

מסת הגוף היא $m = 2kg$ והגוף מתחיל תנועתו ממנוחה.

א. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 18m$.

ב. מצא את מהירות הגוף ב- $x = 6m$.

**10) כדור מקפץ מאבד אנרגיה**

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה $3m$.

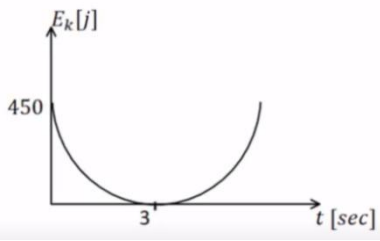
בכל פעם שהכדור פוגע ברצפה הוא מאבד 8% מהאנרגיה שלו.

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

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

ג. כמה פעמים יפגע הכדור ברצפה עד אשר גובהו המקסימלי יהיה קטן מ-80 ס"מ?

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




כדור שמסתו 1 ק"ג נזרק אנכית כלפי מעלה.

מישור הייחוס של האנרגיה הפוטנציאלית נבחר בנקודת הזריקה. הגרף הנתון מתאר את האנרגיה הקינטית כפונקציה של הזמן.

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

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?

ג. שרטט גרף של האנרגיה הפוטנציאלית של הכדור כפונקציה של הזמן.
ציין על הגרף מהו הערך המירבי של האנרגיה ומהו הזמן בו חזר הכדור לקרקע.

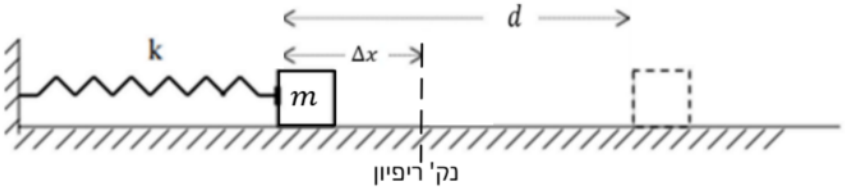
ד. חשב את עבודת כוח הכובד:

i. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.

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

**12) קפיץ דוחף גוף על שולחן עם חיכוך**

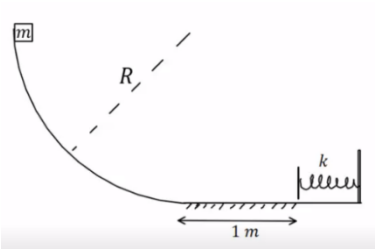
גוף שמסתו $m = 0.3kg$ נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- $\Delta x = 0.2m$ כמוראה בציור. לאחר שחרורו, נע הגוף מרחק $d = 0.6m$ על שולחן אופקי לא חלק עד עומדו (הגוף אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא: $k = 14\frac{N}{m}$.




א. מהו מקדם החיכוך שבין הגוף והשולחן?

ב. מהי מהירות הגוף ברגע שהוא עוזב את הקפיץ (מנתק את המגע איתו)?

**13) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ**



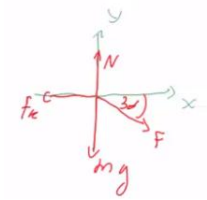

גוף בעל מסה $m = 2kg$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך בצורת רבע מעגל ברדיוס $R = 2m$. בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי שאינו חלק באורך 1 מטר.
מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3.
בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי, הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיווץ מקסימלי של 0.1 מטר.
החלק עליו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

א. מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו יגיע הגוף כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?

## תשובות סופיות:

**1)** א. 


ב. $W_F \approx 690J$ , $W_{Fk} = -200J$

ג. $\sum F \approx 250N$ , $W_{\sum F} \approx 490J$

ד. $v_F = 3.5\frac{m}{sec}$

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

**2)** $\theta_{max} = 65.53°$

**3)** א. הכיווץ: $x = 6.18cm$ , הגובה: $h_F = 1m$.

ב. הכיווץ: $\Delta x = 5.6cm$, הגובה: $h_F = 0.999m$.

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

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

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

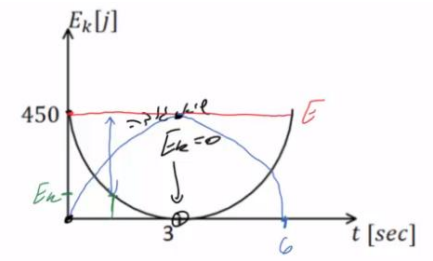
**7)** א. $h_{min} = \frac{\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_0^2 + (m_1 - m_2)gh}{(m_1 - m_2)g}$ ב. $|v_p| = |v_i| = |v_0|$

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

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

**10)** א. $h_1 = 2.76m$ ב. $h_3 = 2.187$ ג. $n = 16$

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




ד. i. $W_g = -450J$ ii. $W_g = -300J$

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

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 11 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

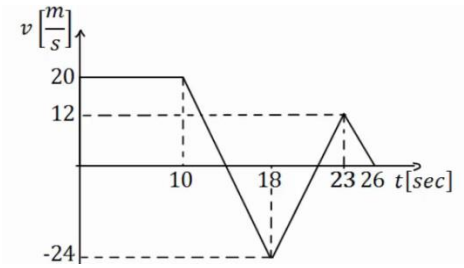
תוכן העניינים


1. תנועה בקו ישר -שאלה עם גרף ..... 115
2. תנועה במישור- רקטה ממסתור ..... 117
3. אנרגיות וזריקה משופעת- בוכנה עם קפיץ ..... 118
4. כוח מושך במורד מדרון ..... 119
5. תרגילים נוספים ..... 120

# תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף:

## שאלות:

**1)** גוף נע לאורך ציר ה- $x$ כך שמהירותו לפי הזמן נתונה בגרף הבא.
הנח שהגוף מתחיל תנועתו מ- $x=0$ .




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

ב. שרטט גרף של תאוצת הגוף כתלות בזמן.

ג. מתי העתק הגוף מקסימלי? ומהו גודלו?

ד. באיזה מהירות קבועה צריך גוף אחר לנוע על מנת שיעשה את אותו ההעתק הכולל באותו זמן (26 שניות) כמו הגוף הנ"ל?

ה. רשום משוואת מהירות-זמן עבור הגוף.

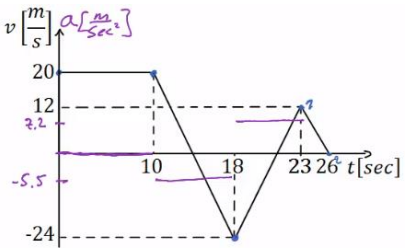
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.

ז. שרטט גרף מקום-זמן עבור הגוף.

## תשובות סופיות:

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

ב.



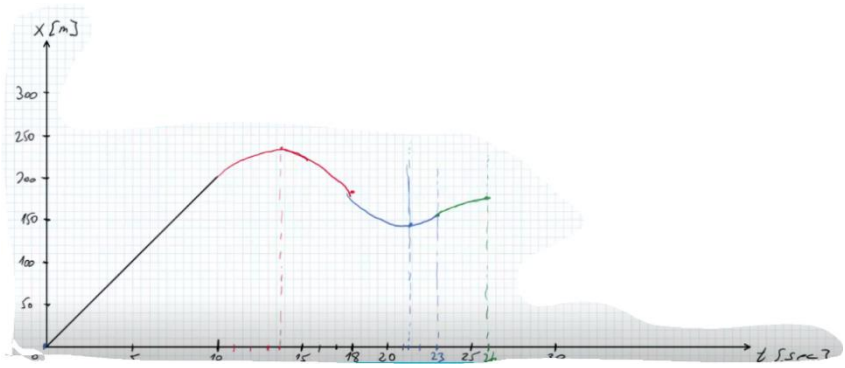

ג. בזמן : $t\approx 13.64$ , הגודל : $\Delta x_{\max}=236.4\text{m}$ .

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

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

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

ז.



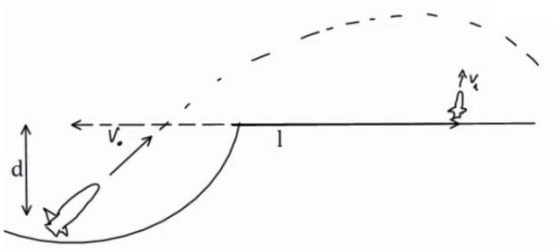
# תנועה במישור – רקטה ממסתור:

## שאלות:

**1)** רקטה יוצאת מנקודת מסתור במהירות $v_0$ ובזווית $\theta$ ביחס לאופק.
גובה המסתור הוא d מטרים מתחת לקרקע.
במרחק אופקי l מנקודת הירי של הרקטה,יוצאת רקטה נוספת במהירות $v_1$ כלפי מעלה.
התייחס לפרמטרים בגוף השאלה כנתונים.

א. מהו גובה הרקטה הראשונה כאשר היא חולפת מעל הרקטה השניה.

ב. מתי יש לירות את הרקטה השניה על מנת שתפגע ברקטה הראשונה (מספיק להגיע למשוואה ריבועית עם המשתנה והפרמטרים הנתונים).




## תשובות סופיות:

**1)** א. $h=-d+v_0\sin\theta\cdot\frac{l}{v_0\cos\theta}-\frac{9}{2}-\left(\frac{l}{v_0\cos\theta}\right)^2$

ב. $h=v_1(t_1-t_0)-\frac{9}{2}(t_1-t_0)^2$

# אנרגיות וזריקה משופעת – בוכנה עם קפיץ:

## שאלות:

**1)** מכניסים מסה $4kg$ לתוך בוכנה המכילה קפיץ רפוי.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא כאורך הבוכנה $2m$.
הבוכנה נמצאת בזווית 60 מעלות ביחס לקרקע.
לוחצים את המסה לתוך הבוכנה כך שהקפיץ מתכווץ 1 מטר ומשחררים.

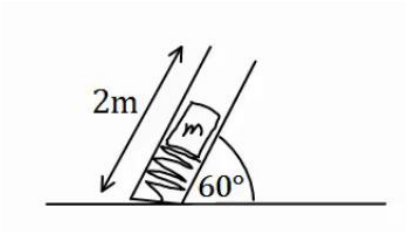
קבוע הקפיץ הוא: $k = 200\frac{N}{m}$.

א. מהי מהירות המסה ביציאה מהבוכנה?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה?

ג. מהו המרחק מתחתית הבוכנה בו תפגע המסה בקרקע?

ד. מהי מהירות המסה בפגיעה, גודל וכיוון?




## תשובות סופיות:

**1)** א. $v \approx 5.72\frac{m}{sec}$ ב. $y \approx 2.96m$ ג. $x(t=1.26) \approx 4.6m$

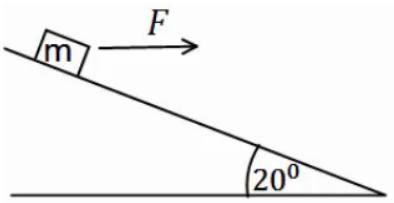
ד. מהירות: $v_y(t=1.26) = -7.65\frac{m}{sec}$, גודל: $|\bar{v}| \approx 8.17\frac{m}{sec}$, כיוון: $\theta = 69.5°$.

# כוח מושך במורד מדרון:

## שאלות:

**1)** כוח אופקי $F = 30N$ מושך מסה $M = 4kg$ במורד מדרון משופע.
זווית השיפוע היא $20°$.
בין המדרון למסה קיים חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

א. האם המסה מתנתקת מהמדרון?
ב. מהי עבודת הכוח F אם הגוף נע 3 מטרים במורד המדרון?
ג. מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?
ד. מהי עבודת החיכוך?
ה. מהי עבודת הנורמל?
ו. מהו השינוי באנרגיה הקינטית של הגוף?
ז. מהי מהירות הגוף בסוף הקטע אם התחיל תנועתו ממהירות של 2 מטרים לשניה?




## תשובות סופיות:

**1)** א. לא. ב. $W_F = 84.57J$ ג. $W_g = 41.04$ ד. $W_{fk} \approx -16.4J$

ה. $W_N = 0$ ו. $\Delta E_k = 109.21J$ ז. $v \approx 7.66 \frac{m}{sec}$

# תרגילים נוספים:

## שאלות:

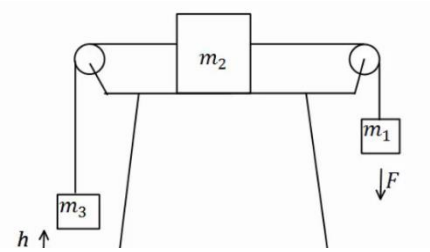
**1)** במערכת הבאה גדלי המסות הן: $m_1 = 1kg, m_2 = 2kg, m_3 = 3kg$ ברגע $t = 0$.
המערכת נמצאת במנוחה והגובה של $m_3$ מעל הקרקע הוא $h = 50cm$.
באותו הרגע פועל כוח $F = 32N$ על $m_1$ במשך 2 שניות.
הנח ש-$m_2$ לא פוגעת באף גלגלת במהלך התנועה ו-$m_1$ לא פוגעת בקרקע.
בין $m_2$ למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

א. מהי תאוצת המערכת?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה $m_3$?

ג. מתי תפגע $m_3$ ברצפה?

ד. כמה חום נוצר במהלך כל התנועה?

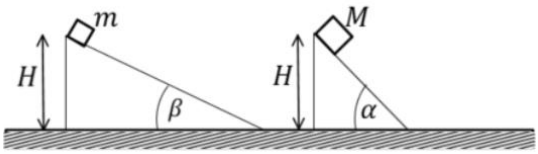



**2)** **השוואה בין שני מישורים**
נתונים שני מישורים משופעים חלקים בעלי גבהים שווים.
גובה המישורים הוא H ושיפועיהם $\alpha$ ו-$\beta$. שתי מסות M ו-m מחליקות ממנוחה מהקצוות העליונים של המישורים כמוראה בציור. נתון $M > m$ וכן.
נסמן ב-$v_m$ ו-$v_M$ את מהירויות המסות בהגיען לקצוות התחתונים של המישורים. כמו כן נסמן ב-$t_m$ ו-$t_M$ את משך זמני ההחלקה של המסות על המישורים.

א. האם $v_m$ גדול שווה או קטן מ-$v_M$?

ב. האם $t_m$ גדול שווה או קטן מ-$t_M$?

ג. חזרו על סעיפים א' ו-ב' עבור מצב שיש חיכוך בין המסות למישורים ומקדם החיכוך זהה.



## תשובות סופיות:

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

**2)** א. שווה. ב. גדול. ג. $v_M>v_m$ , $t_M<t_m$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 12 - תנועה מעגלית

### תוכן העניינים

1. תיאוריה ודוגמאות ..... 122
2. תרגילים נוספים ..... 126

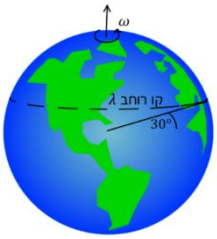
# תיאוריה ודוגמאות:

## שאלות:

**1) חישוב מהירות זוויתית של מחוגי שעון**

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 רוחב $\lambda = 30°$ ?

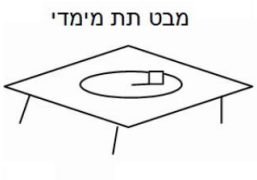
**3) אבן קשורה לחוט**

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. $m = 2\text{kg}$.

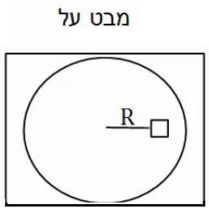
א. מהי המהירות הקווית של האבן?

ב. מהי המתיחות בחוט?

**4) מסה על דיסק**




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**

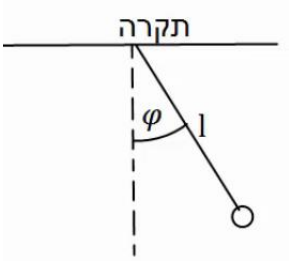
גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3m$ במהירות קבועה $v = 6\frac{m}{sec}$.

א. מהי המהירות הזוויתית של הגוף?

ב. מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?

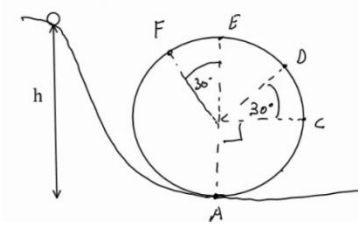
ג. כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

**6) מטוטלת אופקית**




מטוטלת באורך $l = 2m$ תלויה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי. זווית החוט עם האנך לתקרה היא $\varphi = 30°$ 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 $h = 6m$ ונכנס לתוך מעגל אנכי. נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה.
רדיוס המעגל הוא $R = 2m$.

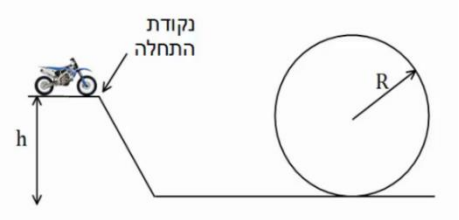
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור.
(רמז: שימור אנרגיה).

ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.

ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.

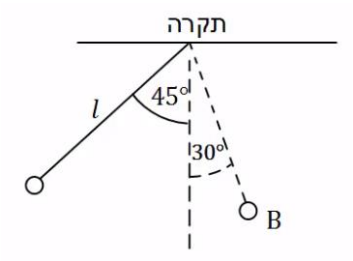
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

**8) רוכב אופנוע במעגל אנכי**




רוכב אופנוע מתחיל תנועתו מנקודת ההתחלה שבציור.
מהי המהירות ההתחלתית המינימלית הנדרשת עבור הרוכב, כך שיוכל להשלים את הסיבוב האנכי?
הנח שהרוכב אינו משתמש במנוע לאחר נקודת ההתחלה.
נתון: $R$, $h$.

**9) כוחות במטוטלת**




מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של 45 מעלות.
אורך החוט הוא l והמסה היא m.

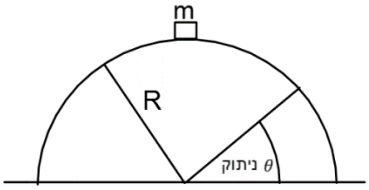
א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?

ג. מהי מהירות המסה בנקודה B הנמצאת בזווית 30 מעלות?
ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?

ד. מהי המתיחות 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) מחוג שניות: $0.105\frac{rad}{sec}$, מחוג דקות: $1.75\cdot10^{-3}\frac{rad}{sec}$, מחוג שעות: $7.27\cdot10^{-5}\frac{rad}{sec}$.

2) א. $7.27\cdot10^{-5}\frac{rad}{sec}$ ב. $465\frac{m}{sec}$ ג. $400\frac{m}{sec}$

3) א. $|\vec{v}|=\omega R=4.5\frac{m}{sec}$ ב. $T\approx27N$

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

5) א. $\omega=2\cdot\frac{1}{sec}$ ב. תדירות: $f\approx0.32\cdot\frac{1}{sec}$, זמן מחזור: $T=\pi\,sec$. ג. $t\approx7.85sec$

6) תדירות: $f\approx0.382\frac{1}{sec}$, זמן מחזור: $T=2.61sec$.

7) א. $v_F\approx6.73\frac{m}{sec}$, $v_E\approx6.32\frac{m}{sec}$, $v_D\approx7.975\frac{m}{sec}$, $v_C\approx8.94\frac{m}{sec}$, $v_A\approx10.95\frac{m}{sec}$

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

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

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

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

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

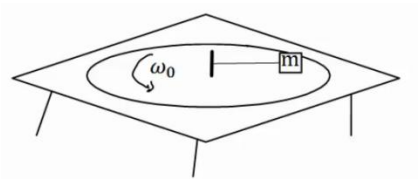
ד. $T=\frac{1}{\sqrt{2}}mg$

10) $\theta=41.8°$

# תרגילים נוספים:

## שאלות:

**1) מסה על דיסק קשורה בחוט**

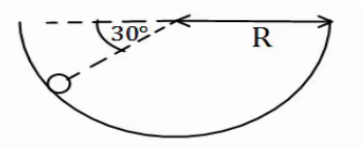



מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן.
המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן.
המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק.
נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית $\omega_0$.
מהי המתיחות בחוט אם אורכו L?

**2) קרוסלה בלונה פארק**

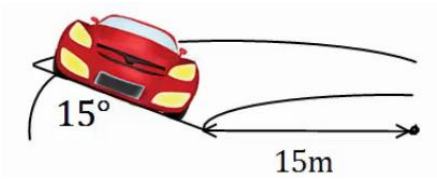
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.
רדיוס "הכתר" הוא $R = 5m$ אורך כל כבל הוא $l = 4m$.
הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40 מעלות.
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב?
שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

**3) כדור בקערה כדורית**



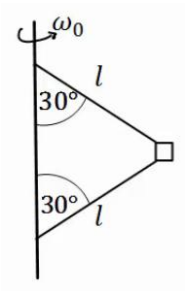

כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R.
מניחים את הכדור בזווית של 30 מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף.
מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש,
כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

**4) מכונית במחלף**




מכונית נוסעת על מחלף משופע.
זווית השיפוע של המחלף היא 15 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?

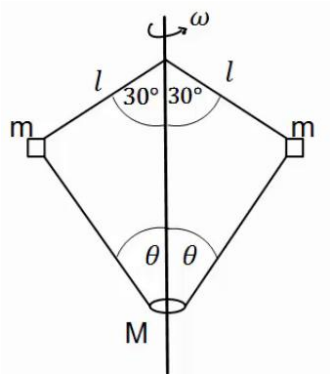
**5) מסה קשורה לעמוד מסתובב**




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 מעלות.
מהי המתיחות בכל חוט?

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

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

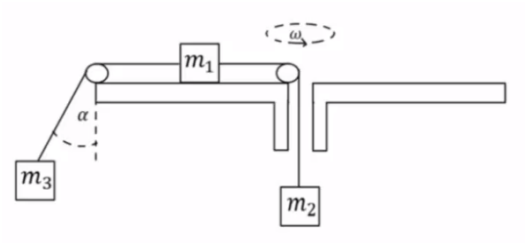



המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה $M = 0.5\text{kg}$, באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
המוט מסתובב במהירות זוויתית $\omega = 20\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית $\theta$?

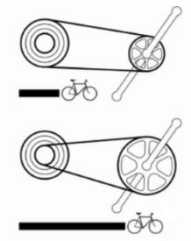
**7) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות**

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

א. ציירו את הכוחות הפועלים על כל גוף בנפרד.
ב. מהי המתיחות בכל חוט?
ג. מהי הזווית $\alpha$?
ד. מהו $R_3$?

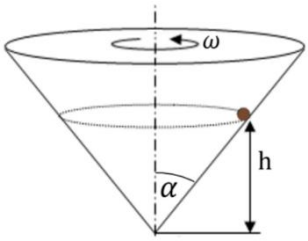


**8) הילוכי אופניים**



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

**9) כדור בחרוט מסתובב**



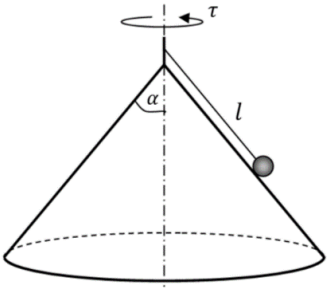

מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש $\alpha$ במהירות זוויתית $\omega$ .

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.

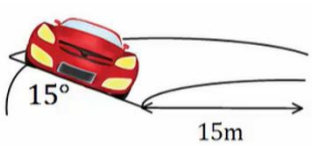
נתונים: אורך החוט $l$, חצי זווית הראש של החרוט $\alpha$ וזמן המחזור של הסיבוב $\tau$.

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.

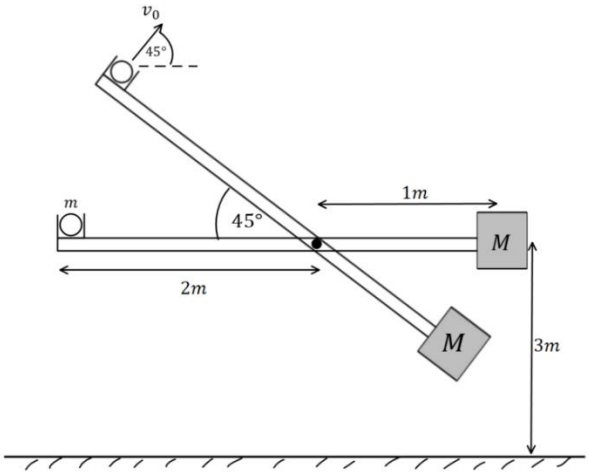
**12) אופנועים בכדור המוות**

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 $m = 2\text{kg}$ 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 $45°$ ביחס לרצפה, וזה גורם לקליע לעזוב את המיכל בזווית זו של $45°$ 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 $45°$?
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***

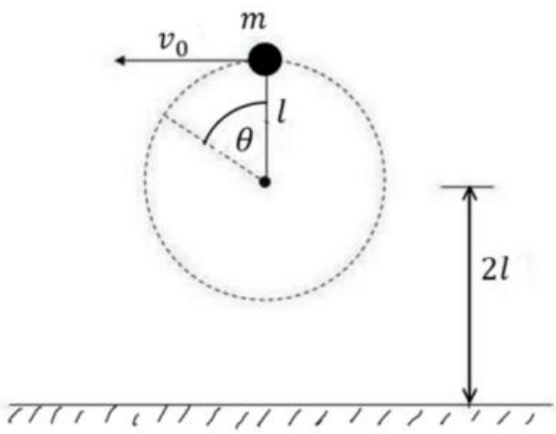
כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l.
הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה 2l מעל הרצפה.
כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב
מעניקים לו מהירות אופקית $v_0$.

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

ב. מענקים לכדור מהירות התחלתית: $v_0 = 1.5\sqrt{gl}$.
אם החוט נקרע ברגע שמתיחותו עולה על 5.25mg מצאו את הזווית $\theta$ שבה יקרע החוט.

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

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



## תשובות סופיות:

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

2) $t \approx 5.98sec$

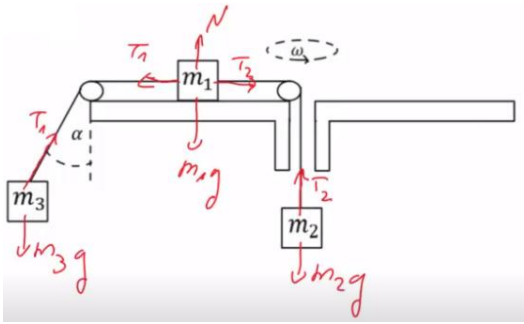
3) $v_0 = \sqrt{\frac{3}{2}\mathrm{Rg}}$

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

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

6) $T_1 \approx 5.2\mathrm{N}\,, T_2 \approx 5.95\mathrm{N}\,, \theta \approx 65.16°$

7) א.




ב. $T_1 = 24\mathrm{N}\,, \mathrm{T}_2 = 30N$

ג. $\alpha \approx 65°$

ד. $R_3 \approx 5.5m$

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

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

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

$T = mg\cos\alpha + m\omega^2 a \sin\alpha$ ג. $\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$

11) $9.6\frac{m}{sec}$

12) $17.3\frac{m}{sec}$

13) א. $2\frac{m}{sec}$ ב. $8.73\mathrm{kg}$ ג. $10.2\frac{m}{sec}$

14) א. $\sqrt{\mathrm{gl}}$ ב. $110°$ ג. $10\frac{m}{sec}$ ד. $0.3sec$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 13 - מתקף ותנע

### תוכן העניינים


1. מתקף ..... 132
2. תנע ושימור תנע ..... 133
3. התנגשות אלסטית ..... 137
4. התנגשות פלסטית ורתע ..... 138
5. מקרים מיוחדים ..... 139
6. תרגילים נוספים ..... 140

# מתקף:

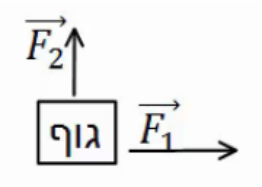
## שאלות:

**1) שחקן בועט בכדור**

שחקן כדורגל בועט בכדור, הכוח הממוצע שמפעיל השחקן הוא 100 ניוטון בכיוון ציר ה- $x$.
זמן המגע של השחקן עם הכדור הוא 0.2 שניות.
חשב את המתקף שהפעיל השחקן על הכדור.

**2) חישוב מתקף כולל**

בציור הבא נתון גוף שפועלים עליו שני כוחות: $\vec{F}_1 = 2\hat{x}$ , $\vec{F}_2 = 3\hat{y}$.




זמן הפעולה של שני הכוחות הוא: $\Delta t = 0.5\sec$.

א. חשב את המתקף של כל כוח בנפרד.

ב. מצא את וקטור המתקף הכולל. מהו גודלו וכיוונו?

ג. חשב את שקול הכוחות הפועל על הגוף ומצא באמצעות שקול הכוחות את גודל המתקף הכולל.

## תשובות סופיות:

**1)** $\vec{J}=20N\hat{x}$

**2)** א. $\vec{J}_1 = 1\cdot\hat{x}$ , $\vec{J}_2 = 1.5\cdot\hat{y}$

ב. $(1,1.5)$, גודל: $\left|\vec{J}_T\right| \approx 1.8N\cdot\sec$ , כיוון: $\theta \approx 56.31°$.

ג. $\sum\vec{F} = 2\hat{x}+3\hat{y}$ , גודל: $\left|\vec{J}_T\right| \approx 1.8N\cdot\sec$.

# תנע ושימור תנע:

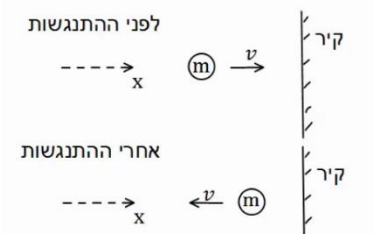
## שאלות:

**1) כדור מתנגש בקיר**

כדור בעל מסה $m = 0.5kg$ נע במהירות $v = 5\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- $x$.

ברגע מסויים הכדור מתנגש בקיר וחוזר חזרה באותה מהירות.

התעלם מכוח הכובד.




א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?

ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?

ג. מהו השינוי בתנע?

ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?

ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.2 שניה.

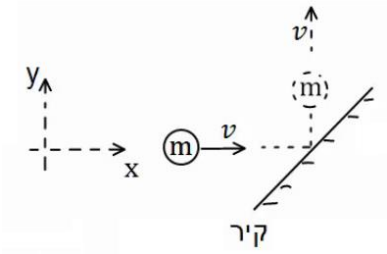
**2) כדור מתנגש בקיר משופע**

כדור בעל מסה $m = 0.2kg$ נע במהירות $v = 3\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- $x$.

ברגע מסוים הכדור מתנגש בקיר משופע.

לאחר ההתנגשות הכדור נע בכיוון החיובי של ציר ה- $y$ באותו גודל של מהירות.

התעלם מכוח הכובד.




א. מהו התנע של הכדור לפני ההתנגשות?

ב. מהו התנע של הכדור לאחר ההתנגשות?

ג. מהו השינוי בתנע?

ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?

ה. מהו הכוח הנורמלי הממוצע שהפעיל הקיר על הכדור, אם משך זמן ההתנגשות היה 0.1 שנייה?

**3) כדור מתנגש בכדור במנוחה**

כדור 1 בעל מסה $m_1 = 2kg$ נע במהירות $v_1 = 20\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- $x$.

ברגע מסוים הכדור פוגע בכדור 2 הנמצא במנוחה.

מסת הכדור השני היא $m_2 = 3kg$.

לאחר הפגיעה, כדור 1 ממשיך במהירות $u_1 = 5\frac{m}{sec}$ בכיוון החיובי של ציר ה- $x$.

א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?

ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות.

ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?

ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?

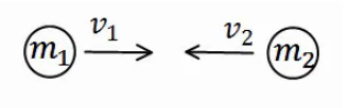
ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

**4) שני כדורים נעים אחד כלפי השני**

שני כדורים נעים אחד כלפי השני ומתנגשים ברגע מסוים.

מסות הכדורים והמהירות שלהם לפני ההתנגשות

הן: $m_1 = 4kg$ , $m_2 = 3kg$ , $v_2 = 15\frac{m}{sec}$ , $v_1 = 10\frac{m}{sec}$.




מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות היא: $u_2 = 12\frac{m}{sec}$, בכיוון הפוך למהירותו לפני ההתנגשות. הנח שההתנגשות היא מצחית (כלומר, שהכדורים נשארים על אותו ציר לאחר ההתנגשות).

א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?

ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות.

ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?

ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?

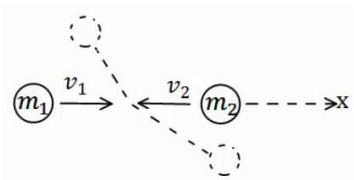
ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

**5) התנגשות דו-מימדית**

שני כדורים נעים אחד כלפי השני על ציר ה- $x$.

מהירויות הכדורים ומסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 4kg$, $v_2 = -5\frac{m}{sec}\hat{x}$, $v_1 = 10\frac{m}{sec}\hat{x}$.

הכדורים מתנגשים ולאחר ההתנגשות כדור אחד נע בזווית של 30 מעלות מתחת לציר ה-$x$ וכדור 2 נע בזווית של 120 מעלות עם ציר ה-$x$ החיובי.

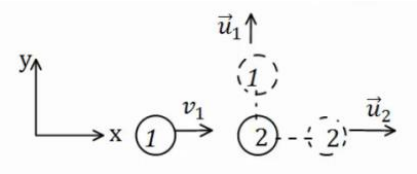



א. מצא את גודל מהירויות הכדורים לאחר ההתנגשות.

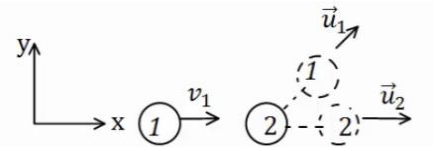
ב. מה המתקף שפעל על כל כדור?

**6) איזה התנגשות אפשרית**

כדור מספר 1 נע במהירות חיובית על ציר ה- $x$ .
ברגע מסוים הוא מתנגש בכדור מספר 2 הנמצא במנוחה.
נתון כי לאחר ההתנגשות מהירותו של כדור 2 היא בכיוון ציר ה- $x$ .




א. האם יתכן כי מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא רק בכיוון ציר ה- $y$ ?




ב. האם יתכן כי מהירותו לאחר ההתנגשות היא בזווית של 30 מעלות עם ציר ה- $x$ ?

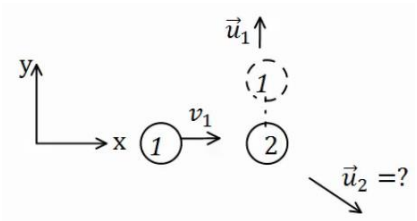
ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה- $x$ לאחר ההתנגשות?

ד. האם יתכן כדור מספר 1 נע בכיוון השלילי של ציר ה- $x$ לאחר ההתנגשות?

ה. האם יתכן ששני הכדורים נעים בכיוון השלילי של ציר ה- $x$ לאחר ההתנגשות?

**7) מציאת המהירות של כדור 2**

כדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה-$x$.
מסתו היא $m_1 = 3kg$ ומהירותו היא $v_1 = 12\frac{m}{sec}\hat{x}$ .
הכדור פוגע בכדור מספר 2 שמסתו היא $m_2 = 4kg$ הנמצא במנוחה.



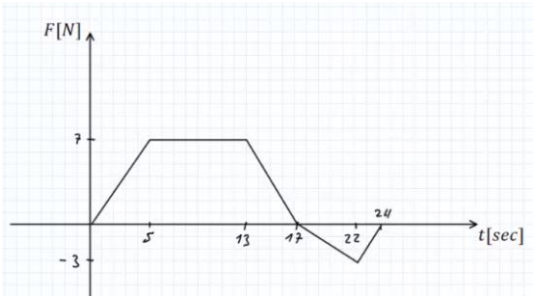

מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 8\frac{m}{sec}$ (בכיוון ציר ה- $y$ החיובי בלבד).

א. מצא את וקטור המהירות של כדור 2 לאחר ההתנגשות.

ב. מהו גודלה של המהירות ומהו כיוונה?

**8) גרף של כוח כתלות בזמן**

גוף בעל מסה של $2kg$ נע לאורך קו ישר בהשפעת כוח המשתנה בזמן.
גודלו של הכוח כתלות בזמן נתון בגרף.
הגוף התחיל תנועתו ממנוחה.




א. מצא את המתקף שפעל על הגוף עד ל- $t = 17sec$ , מהי מהירות הגוף באותו הרגע?

ב. מצא את המתקף שפעל על הגוף עד לרגע $t = 24sec$ , מהי מהירות הגוף באותו הרגע?

ג. מהו המתקף שפעל על הגוף במשך הזמן $17sec < t < 24sec$ ?
מה משמעות הסימן של המתקף?

## תשובות סופיות:

1) א. $\vec{p}=2.5\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$ ב. $\vec{p}=-2.5\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$ ג. $\Delta\vec{p}=-5\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$

ד. $\vec{J}_T=\vec{J}_N=\Delta\vec{p}=-2.5\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$ ה. $\vec{N}=-25\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\hat{x}=-25\text{N}\hat{x}$

2) א. $\vec{p}=0.6\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$ ב. $\vec{p}=0.6\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{y}$ ג. $(-0.6,\ 0.6)$

ד. $\vec{J}_N=(-0.6,0.6)\text{kg}\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ה. $\vec{N}=(-6,\ 6)\text{N}$

3) א. $\vec{p}_T=40\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$ ב. $\vec{u}_2=10\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$ ג. $\vec{J}_{T1}=-30\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$

ד. $\vec{J}_{T2}=30\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$ ה. 0

4) א. $\vec{p}_T=-5\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$ ב. $u_1=-10.25\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $\vec{J}_1=-81\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$

ד. $\vec{J}_2=81\hat{x}\text{N}\cdot\text{sec}$ ה. 0

5) א. $u_1=5.78\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , $u_2=2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $\vec{J}_1=(-14.97,\ -8.67)$

6) א. לא. ב. לא. ג. כן. ד. כן. ה. לא.

7) א. $\vec{u}_2=(9,\ -6)\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. גודל: $|\vec{u}_2|\approx 10.82\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ , כיוון: $\theta=33.69°$.

8) א. $J=87.5\text{N}\cdot\text{sec}$ , $v_F(t=17\text{sec})=43.75\frac{m}{\text{sec}}$

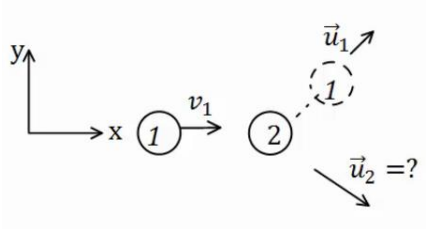
ב. $J=77N\cdot\text{sec}$ , $v(t=24\text{sec})=38.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $J_{17<t<24}=-10.5$ , המשמעות של הסימן שהכוח שמפעיל את המתקף פועל בכיוון השלילי.

# התנגשות אלסטית:

## שאלות:

**1) התנגשות אלסטית**




כדור בעל מסה $m_1 = 2kg$ פוגע בכדור שני הנמצא במנוחה. מהירותו של הכדור הראשון לפני ההתנגשות היא $v_1 = 20\frac{m}{sec}$.
נתון כי מהירותו של הכדור הראשון לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 45 מעלות ביחס לכיוון פגיעתו.
מצא את מהירות הכדור השני ומסתו, אם ידוע שההתנגשות היא אלסטית.

**2) התנגשות אלסטית מצחית**

גוף בעל מסה $m_1 = 5kg$ נע על ציר ה- $x$ ומתנגש בגוף אחר בעל מסה $m_2 = 8kg$, הנע על ציר ה- $x$ גם כן.
מהירויות הגופים לפני ההתנגשות הן: $v_2 = 5\frac{m}{sec}\hat{x}$ , $v_1 = 20\frac{m}{sec}\hat{x}$, בהתאמה.
ידוע שההתנגשות היא פלסטית ומצחית.
מצא את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות.

## תשובות סופיות:

**1)** מסה: $m_2 \approx 1.45kg$, מהירות: $u_{2_y} = -9.75\frac{m}{sec}$ , $u_{2_x} = 17.86\frac{m}{sec}$.

**2)** $u_1 = 1.54\frac{m}{sec}$ , $u_2 \approx 16.54\frac{m}{sec}$

# התנגשות פלסטית ורתע:

## שאלות:

**1) קליע נתקע בבול עץ**

קליע נע במהירות $v_1 = 100\frac{m}{sec}$ לעבר בול עץ הנמצא במנוחה. הקליע חודר לבול העץ ונתקע בתוכו.
מסת הקליע היא $m = 20gr$ ומסת בול העץ היא $M = 5kg$.
מצא את המהירות המשותפת של הגופים לאחר הפגיעה.

**2) קליע נורה מרובה**

כדור נורה מרובה הנמצא במנוחה.
מהירות הכדור לאחר הירי היא $u_1 = 100\frac{m}{sec}$, ומסת הכדור היא $m = 20gr$.
מהי מהירות הרובה, אם מסת הרובה היא $M = 3kg$?

**3) טיל מתפרק**

טיל טס באוויר במהירות $v = 540\frac{km}{hr}$ בקו ישר, מסת הטיל היא $M = 50kg$.
ברגע מסוים הטיל מתפוצץ לשני חלקים. מסת החלק הראשון היא $m_1 = 20kg$.
מצא את מהירות החלק השני במקרים הבאים:

א. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 72\frac{km}{hr}$ בכיוון הפוך לכיוון אליו נע הטיל לפני הפיצוץ.

ב. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 360\frac{km}{hr}$ בכיוון 30 מעלות מתחת לכיוון אליו עף הטיל לפני הפיצוץ.

## תשובות סופיות:

1) $u = \frac{2}{5}\frac{m}{sec}$

2) $u_2 = -\frac{2}{3}\frac{m}{sec}$

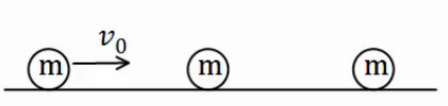
3) א. $u_2 = 948\frac{km}{hr}$ ב. $u_{2_x} \approx 192.3\frac{m}{sec}$ , $u_{2_y} = 33.34\frac{m}{sec}$

# מקרים מיוחדים:

## שאלות:

**1) פגיעה כפולה**

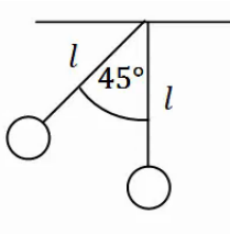
שלושה כדורים זהים נמצאים על מישור אופקי חלק.
הכדור השמאלי נע במהירות $v_0$ כלפי הכדור האמצעי.
מצא את מהירויות כל אחד מהגופים לאחר כל התנגשות, אם:




א. כל ההתנגשויות הן אלסטיות מצחיות.
ב. כל ההתנגשויות הן פלסטיות.

**2) מטוטלת פוגעת במטוטלת**

שני כדורים זהים תלויים באמצעות חוטים בעלי אורך זהה l.
מסיתים את הכדור השמאלי בזווית של 45 מעלות ומשחררים אותו ממנוחה.




א. מהי מהירותו רגע לפני הפגיעה בכדור הימני?
ב. מהי מהירות הכדור השמאלי לאחר הפגיעה אם ההתנגשות היא אלסטית?
ג. מהי הזווית המקסימלית אליה יגיע הכדור לאחר הפגיעה?
ד. מה יקרה לאחר מכן?
ה. חזור על סעיפים ב' , ג' אם ההתנגשות היא פלסטית.

**3) מקדם תקומה**

גוף בעל מסה m נע במהירות v על משטח אופקי חלק ומתנגש בגוף בעל מסה 3m הנמצא במנוחה. נתון כי ההתנגשות חד ממדית ומקדם התקומה הוא 0.8.
מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

## תשובות סופיות:

**1)** א. הכדור הראשון והשני מהירותם 0, והכדור השלישי מהירותו $v_0$.

ב. $\tilde{u} = \frac{v_0}{3}$.

**2)** א. $v = \sqrt{0.58gl}$ ב. $u_2 = v = \sqrt{0.58gl}$ ג. $\theta_{max} = 45°$

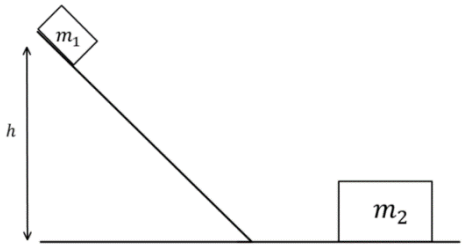
ד. התהליך חוזר על עצמו לנצח. ה. (ב) $u = \frac{1}{2}v$ , (ג) $\theta \approx 21.95°$

**3)** $u_1 = -0.35v$ , $u_2 = 0.45v$

# תרגילים נוספים:

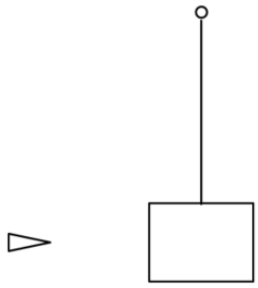
## שאלות:

**1) גוף יורד במדרון מתנגש ועולה חזרה**




גוף בעל מסה $m_1 = 2kg$ משוחרר ממנוחה על מדרון משופע בגובה $h = 1m$.
בתחתית המדרון מונח גוף בעל מסה $m_2 = 5kg$.
הוגף הראשון פוגע בגוף השני בהגיעו למישור האופקי והגופים מתנגשים התנגשות אלסטית, עד לאיזה גובה יגיע הגוף הראשון בחזרה במעלה המדרון? אין חיכוך בין הגופים למשטחים.

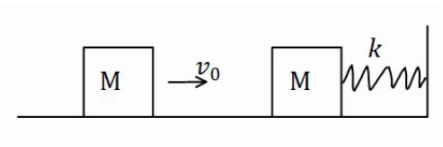
**2) קליע חודר מטוטלת בליסטית**



בול עץ בעל מסה $2kg$ קשור לחוט ותלוי אנכית במנוחה.
קליע בעל מסה $5gr$ נע במהירות $v_1 = 450\frac{m}{sec}$ פוגע בבול העץ, חודר אותו, ויוצא מצידו השני במהירות $u_1 = 150\frac{m}{sec}$.
לאיזה גובה מקסימאלי יגיע בול העץ?

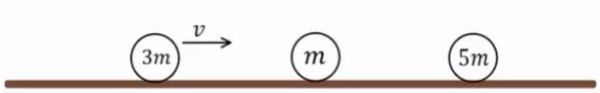
**3) שתי מסות וקפיץ**

מסה M נעה במהירות $v_0$ ומתנגשת במסה זהה נוספת הנמצאת במנוחה.
המסה הנוספת מחוברת לקפיץ רפוי.
קבוע הקפיץ, המהירות ההתחלתית והמסות נתונים.
מצא את הכיווץ המקסימלי, אם:




א. ההתנגשות היא פלסטית.
ב. ההתנגשות אלסטית.
ג. חשב את המתקף שפעל על כל גוף בכל אחד מהמקרים.

**4) שלושה כדורים**



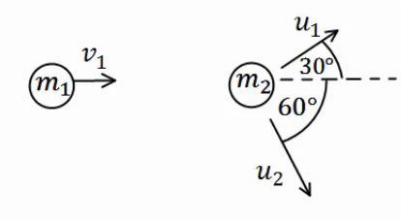

שלושה כדורים מונחים על משטח אופקי חלק כפי שמתואר באיור.
הכדור השמאלי בעל מסה 3m נע במהירות v ומתנגש התנגשות אלסטית בכדור בעל מסה m הנמצא במנוחה. שתי שניות לאחר מכן מתנגש הכדור בעל מסה m בכדור בעל מסה 5m הנמצא במנוחה התנגשות פלסטית.

א. מהי מהירות הכדורים m ו-3m לאחר ההתנגשות הראשונה?

ב. מהי המהירות המשותפת של הכדורים m ו-5m לאחר ההתנגשות השנייה?

ג. כמה זמן חלף מרגע ההתנגשות הראשונה עד לרגע ההתנגשות השלישית, זו של הכדור 3m בכדורים הדבוקים?

**5) איבוד אנרגיה**

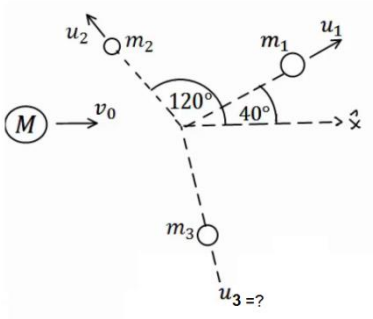



כדור בעל מסה $m_1 = 2kg$ ומהירות $v_1 = 10\frac{m}{sec}$, מתנגש בכדור בעל מסה $m_2 = 3kg$ הנמצא במנוחה.
לאחר ההתנגשות, הכדור הראשון נע בכיוון 30 מעלות מעל לכיוון הפגיעה, והכדור השני נע בזווית 60 מעלות מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).

א. מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות.

ב. האם ההתנגשות אלסטית?
אם לא, כמה אנרגיה אבדה בהתנגשות?

**6) פצצה**




פצצה בעלת מסה $M = 13kg$ נעה באוויר במהירות קבועה $v_0 = 100\frac{m}{sec}$. ברגע מסוים הפצצה מתפוצצת לשלושה חלקים קטנים יותר.
מסת החלק הראשון היא $m_1 = 4kg$ והוא נע במהירות $u_1 = 80\frac{m}{sec}$ בזווית של 40 מעלות ביחס לכיוון המקורי.

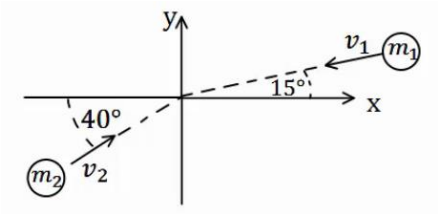
מסת החלק השני היא $m_2 = 2kg$ והוא נע במהירות $u_2 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 120 מעלות ביחס לכיוון המקורי. מסת החלק השלישי היא $7kg$.
מצא את מהירות החלקיק השלישי.

**7) שני גופים שני מימדים**

שני גופים, בעלי מסות: $m_1 = 2kg$ , $m_2 = 3kg$ , נעים לכיוון הראשית.

מהירויות הגופים הן: $v_2 = 10\frac{m}{sec}$ , $v_1 = 20\frac{m}{sec}$ , בהתאמה, וכיוונם נתון באיור.

הגופים מתנגשים בראשית.




מצא את מהירות הגופים לאחר ההתנגשות, אם:

א. ההתנגשות היא פלסטית.

ב. ההתנגשות היא אלסטית, והגוף נע בכיוון החיובי של ציר ה- $y$ לאחר ההתנגשות.

**8) כדור גולף על כדורסל**

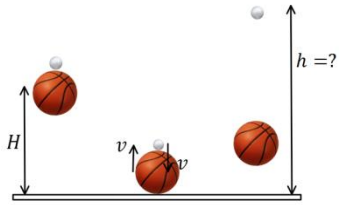
כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H = 1.5m$ .

משחררים אותם ליפול ממנוחה.

מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף, אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות.

מסת כדור הגולף היא $m = 46gr$ ,

ומסת הכדורסל היא $M = 624gr$ .




**9) ארגז בתוך קרונית המתנגשת בקיר**

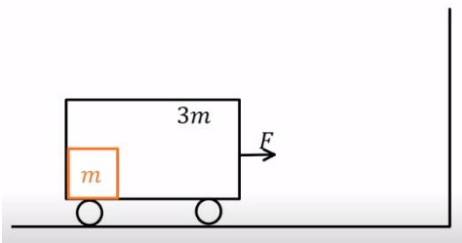
ארגז שמסתו m מונח בתוך קרונית סגורה בצמוד לדופן השמאלי של הקרונית.

מסת הקרונית היא 3m והיא מתחילה ממנוחה.

מפעילים כוח F קבוע ימינה במשך T שניות.

אין חיכוך בין הקרונית לקרקע.

נתון: $F , T , m$ .




א. מהי מהירות הקרונית בתום הזמן T?

ב. מהו הכוח N שהארגז מפעיל על הדופן השמאלית של הקרונית?

ג. בתום פעולת הכוח הקרונית מתנגשת בקיר התנגשות אלסטית לחלוטין. הארגז ממשיך את תנועתו מלפני ההתנגשות עד אשר הוא מתנגש בדופן הימנית של הקרונית התנגשות פלסטית. מהי מהירות הקרונית לאחר ההתנגשות השנייה בארגז?

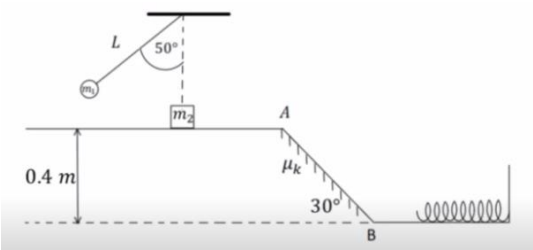
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות הפלסטית של הארגז בדופן הימנית?

**10) מטוטלת פוגעת במסה שנע במדרון עם קפיץ**

גוף בעל מסה $m_1 = 1kg$ קשור לתקרה באמצעות חוט שאורכו $L = 0.6m$.

מסיטים את החוט בזווית $50°$ מהאנך לתקרה ומשחררים ממנוחה.

בתחתית המסלול של תנועתו מתנגש הגוף בגוף שני בעל מסה $m_2 = 2kg$ הנמצא במנוחה על משטח אופקי חלק. גובה המשטח מעל הקרקע הוא $0.4m$. מיד לאחר ההתנגשות גוף 1 מקבל מהירות של $0.4\frac{m}{sec}$ אחורה וגוף 2 נע קדימה. בנקודה A גוף 2 עובר למישור משופע לא חלק בעל מקדם חיכוך $\mu_k = 0.1$ וזווית שיפוע $30°$. בנקודה B גוף 2 חוזר למישור אופקי חלק בגובה הקרקע ומתנגש בקפיץ בעל קבוע $k = 200\frac{N}{m}$.




א. מהי המהירות של גוף 1 רגע לפני ההתנגשות?

ב. מהי המהירות של גוף 2 מיד לאחר ההתנגשות?

ג. מהי המהירות של גוף 2 בנקודה B?

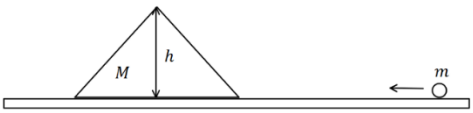
ד. מהי ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ?

ה. מהי המהירות של גוף 2 כאשר הקפיץ מכווץ בחצי מהכיווץ המקסימלי?

**11) כדור עולה על מדרון משולש**

מדרון משולש בעל גובה $h = 3m$ חופשי לנוע מעל משטח אופקי חלק (ללא חיכוך). מסת המדרון היא: $M = 15kg$.

מגלגלים כדור בעל מסה $m = 5kg$ על המשטח לכיוון המדרון. התייחס לכדור כאל גוף נקודתי.




א. מה צריכה להיות המהירות שבה מגלגלים את הכדור כך שהוא יעצור (ביחס למדרון) בדיוק לפני שהוא עובר את שיא הגובה של המדרון?

ב. מהי מהירות המדרון ברגע שהכדור מגיע לשיא הגובה?

ג. מהי המהירות הסופית של המדרון והכדור?

**12) קפיץ נמשך משתי קצותיו**

על שולחן אופקי חלק מונחים שני גופים בעלי מסות $M = 5kg$ ו- $m = 3kg$ המחוברים לקצותיו של קפיץ בעל קבוע כוח $k = 150\frac{N}{m}$ ואורך חופשי $l_0 = 0.4m$.

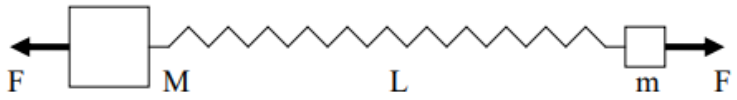
על הגופים פועלים שני כוחות, F, שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.

המערכת נמצאת במנוחה כאשר הקפיץ מתוח ואורכו הוא L (ראה ציור).

א. מה תהיה המתיחות וההתארכות בקפיץ כאשר $F = 15N$?

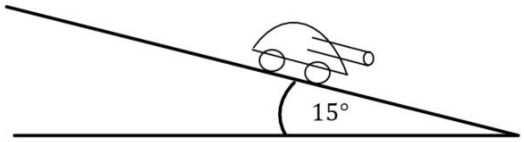
ב. במקרה אחר, משחררים את המערכת ממצב של מנוחה כאשר $L = 0.6m$ ו- F לא ידוע. מה יהיה אורכו של הקפיץ כאשר הוא מגיע להתכווצותו המקסימלית לאחר השחרור?

ג. בסעיף ב', מה תהיה המהירות המקסימלית של M לאחר השחרור?




**13) טנק יורה פגזים ועולה במדרון****

טנק שמסתו 800 ק"ג (טנק קל מאוד) נמצא ברגע מסוים במנוחה על מדרון משופע בזווית של 15 מעלות. הטנק יורה שני פגזים במרווח של 2 שניות בין הירי הראשון לשני. מסת כל פגז היא 20 ק"ג והוא נורה במהירות לוע של 400 מטר לשנייה במקביל ובמורד למדרון. הניחו שלטנק גלגלים והחיכוך בינו למדרון זניח. מה ההעתק המקסימאלי שיעשה הטנק במעלה המדרון?




**14) קובייה נעה על לוח שזז**-כולל תנועה יחסית**

קובייה קטנה שמסתה $m = 1kg$ נמצאת על לוח ארוך שמסתו $M = 3kg$ כמוראה בציור. הלוח נמצא על שולחן אופקי חלק (ללא חיכוך) ובזמן $t = 0$ מהירותו היא אפס יחסית לשולחן. באותו זמן ($t = 0$) הקובייה נעה על הלוח במהירות $v_0 = 5\frac{m}{sec}$ יחסית ללוח ובכיוון ימינה. מקדם החיכוך הקינטי בין הקובייה ללוח הוא $\mu_k = 0.2$. כעבור זמן מסוים נעצרת הקובייה על הלוח (לפני שהיא מגיעה לקצהו), כך ששניהם נעים יחד באותה מהירות על השולחן.

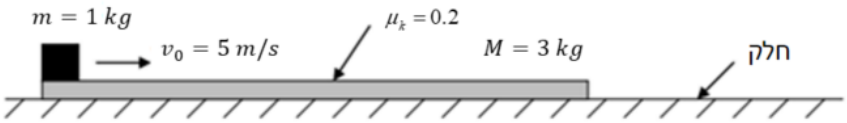
א. חשבו את המהירות המשותפת של הקובייה והלוח, לאחר עצירת הקובייה על הלוח ביחס למעבדה.

ב. מהו הכוח האופקי הפועל על הקובייה עד לעצירתה על הלוח (גודל וכיוון)?

ג. מהו הכוח האופקי הפועל על הלוח עד לעצירת הקובייה על הלוח (גודל וכיוון)?

ד. מהי תאוצת הקובייה ביחס למעבדה ומהי תאוצת הקובייה ביחס ללוח?

ה. מהו המרחק שעברה הקובייה ביחס ללוח עד לעצירתה ביחס אליו?



## תשובות סופיות:

1) $0.18m$

2) $0.028m$

3) א. $\Delta x_{max}=\sqrt{\frac{m}{k}\cdot\frac{1}{2}v_0^2}$ ב. $\Delta x_{max}=\sqrt{\frac{m}{k}v_0^2}$

ג. (א) $\vec{J}_2=\frac{1}{2}mv_0\hat{x}$ , $\vec{J}_1=-\frac{1}{2}mv_0\hat{x}$ (ב) $\vec{J}_2=mv_0\hat{x}$ , $\vec{J}_1=-mv_0\hat{x}$ .

4) א. $u_1=\frac{1}{2}v$ , $u_2=\frac{3}{2}v$ ב. $u=\frac{1}{4}v$ ג. $t=10sec$

5) א. $u_2=3.34\frac{m}{sec}$ , $u_1=8.66\frac{m}{sec}$ ב. לא, $Q=8.27J$ .

6) $u_{3_y}\approx-32\frac{m}{sec}$ , $u_{3_x}\approx152\frac{m}{sec}$

7) א. $u_y\approx1.79\frac{m}{sec}$ , $u_x\approx-3.13\frac{m}{sec}$

ב. $u_2=13.11\frac{m}{sec}$ , $u_{1_y}\approx-15.20\frac{m}{sec}$ , $u_{1_x}\approx-7.83\frac{m}{sec}$

8) $h\approx12.3m$

9) א. $v(T)=\frac{F}{4m}T$ ב. $N=\frac{F}{4}$ ג. $\tilde{u}=\frac{FT}{8m}$ ד. $E=\frac{3F^2T^2}{32m}$

10) א. $v=2.07\frac{m}{sec}$ ב. $u_2\approx1.235\frac{m}{sec}$ ג. $v_B=2.853\frac{m}{sec}$

ד. $\Delta l_{max}\approx0.285m$ ה. $v=2.47\frac{m}{sec}$

11) א. $v_0=8.94\frac{m}{sec}$ ב. $u=\sqrt{5}\frac{m}{sec}$ ג. $u_1'=2\sqrt{5}\frac{m}{sec}$ , $u_2'=-2\sqrt{5}\frac{m}{sec}$

12) א. $0.1m$ , $15N$ ב. $0.2m$ ג. $0.74\frac{m}{sec}$

13) $60m$

14) א. $1.25\frac{m}{sec}$ ב. $2N$ שמאלה. ג. $2N$ ימינה.

ד. $-\frac{8}{3}\frac{m}{sec^2}$ ה. $4.7m$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 14 - שאלות מבגרויות

### תוכן העניינים

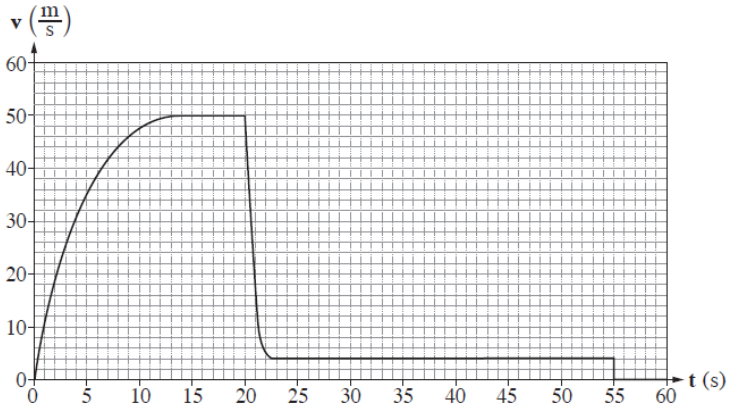
1. שאלות מבגרויות בנושא מכניקה ..... 146

# שאלות מבגרויות בנושא מכניקה:

## שאלות:

### מכניקה 2014:

**1)** צנחן קפץ ממטוס ברגע $t=0$. בתוך כדי נפילתו הוא פתח את המצנח.
הצנחן והמצנח ייחשבו גוף אחד שייקרא: "הצנחן".
הגרף שלפניך מתאר את גודל הרכיב האנכי של מהירות הצנחן כפונקציה של הזמן.




א. תאר במילים את תנועת הצנחן בפרק הזמן $0 \le t \le 20\sec$.
בתשובתך התייחס לגודל הרכיב האנכי של מהירות הנפילה של הצנחן,
ולגודל של תאוצתו.

ב. ציין את הסיבה לשינוי הפתאומי בגודל הרכיב האנכי של המהירות בפרק הזמן $20\sec < t < 22\sec$.

ג. הסבר איך היית מחשב בעזרת הגרף את המרחק האנכי שעבר הצנחן מרגע $t=0$ עד הרגע שהמצנח נפתח (אין צורך לחשב מרחק זה).

ד. הראה מתוך הגרף שהגודל של תאוצת הנפילה החופשית בגובה שהצנחן קפץ ממנו הוא: $g=10\frac{m}{sec^2}$ בקירוב.

על הצנחן פועלים בתוך כדי נפילתו שני כוחות: כוח הכובד והתנגדות האוויר.

ה. עבור כל אחד משני הכוחות קבע אם הוא גדל, קטן או נשאר קבוע בפרק הזמן $0 \le t < 20\sec$. הסבר את קביעותיך.

ו. מסת הצנחן היא: $m=80kg$. בפרק הזמן $0 \le t < 55\sec$, קבע את הגודל המרבי (המקסימלי) של הכוח השקול שפעל על הצנחן, ואת גודלו המזערי (המינימלי) של כוח זה. הסבר את קביעותיך.

**2)** תפקיד המנוע במכונית הוא לסובב את גלגלי המכונית.

א. מכונית מתחילה בנסיעה. מהו הכוח החיצוני שפועל על המכונית בכיוון תנועתה, וגורם להגדלת מהירותה? ציין מה מפעיל את הכוח הזה.

ב. כאשר יש קרח על הכביש, המכונית אינה יכולה להגיע לתאוצה שהייתה מגיעה אליה אילו לא היה קרח על הכביש. הסבר מדוע.

ג. מכונית נוסעת במהירות שגודלה $90\frac{\text{km}}{\text{hr}}$ ונבלמת. בזמן בלימתה גלגליה נעצרים, והמכונית מחליקה עד לעצירה מוחלטת.

i. חשב את המרחק שתעבור המכונית מתחילת הבלימה ועד לעצירתה בשני מצבים:

- יש קרח על הכביש, ומקדם החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.1$.
- אין קרח על הכביש, ומרדם החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k = 0.8$.

ii. על סמך תשובותיך על תת סעיף (i) הסבר מדוע סוגרים לתנועה כבישים שהצטבר עליהם קרח.

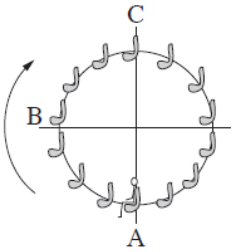
ד. מכונית שמסתה $1,000\text{kg}$ נעה קדימה. ברגע מסוים הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה הוא: $1,200\text{N}$, והשקול של כל כוחות החיכוך הפועלים על המכונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה הוא: $400\text{N}$. חשב את תאוצת המכונית ברגע זה.

מלבד הכוח שכתבת בתשובתך על סעיף א', על מכונית נוסעת פועלת גם התנגדות אוויר. התנגדות האוויר גדלה ככל שמהירות המכונית גדלה.

ה. הכוח הפועל על מכונית בכיוון תנועתה מקנה לה תאוצה, וכך לכאורה מכונית יכולה להגיע לכל מהירות אם רק תאיץ די זמן. הסבר מדוע, בכל זאת, לכל מכונית יש מהירות מרבית (מקסימלית), והיא אינה יכולה לעבור מהירות זו בנסיעתה לאורך כביש אופקי.

**3)** לרגל חגיגות תחילת האלף השלישי נבנה בלונדון פארק שעשועים ובו גלגל ענק שקוטרו 120m, הנקרא "העין הלונדונית". גודל מהירות הסיבוב של הגלגל ענק הוא קבוע, וסיבוב אחד שלו נמשך 20 דקות.
לפניך תצלום של הגלגל ענק ותרשים המתאר את האירוע הנדון בשאלה.

(צילום: Crendo)
תצלום




תרשים

על אחד הכיסאות של הגלגל ענק יושב ילד. מסת הכיסא עם הילד: $M = 120kg$.
ראה במערכת "כיסא + ילד" גוף נקודתי, וענה על סעיפים א-ה.

א. האם בזמן שהגלגל מסתובב התאוצה של המערכת "כיסא + ילד" שווה ל-0? נמק.

ב. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע מהם הכוחות הפועלים על המערכת "כיסא + ילד" כאשר הגלגל מסתובב.

ii. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך. הוסף לטבלה שורה עבור כל אחד מן הכוחות שכתבת בתת סעיף (i), והשלם בה את הנתונים המתאימים לפי הכותרות.

שים לב: הגלגל ענק מסתובב בכיוון השעון. הנקודות A , B ו-C מסומנות בתרשים.

| שם הכוח | כיוון הכוח | | |
|---|---|---|---|
| | בנקודה A | בנקודה B | בנקודה C |
| | | | |

iii. הוסף לטבלה שבמחברתך שורה עבור הכוח השקול, והשלם בה את הנתונים המתאימים.

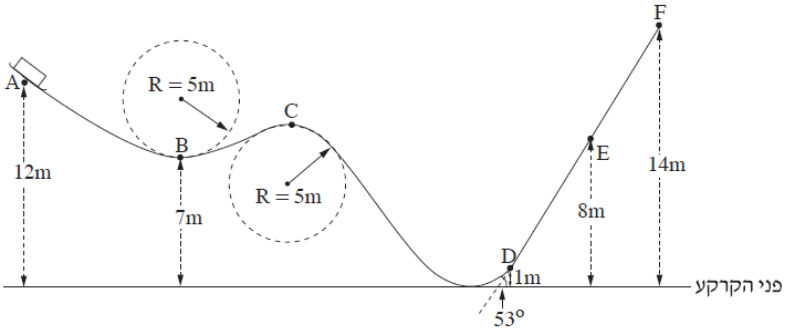
ברגע $t = 0$ המערכת "כיסא + ילד" נמצאת בנקודה B והיא נעה כלפי מעלה.

ג. סרטט במחברתך גרף מקורב של המקום האנכי של המערכת "כיסא + ילד" כפונקציה של הזמן, במשך סיבוב שלם אחד של הגלגל.

ד. חשב את שינוי האנרגיה המכנית של מערכת "כיסא + ילד" (ביחס לכדור הארץ), בפרק הזמן $0 < t < 0.375T$. T הוא זמן המחזור של סיבוב הגלגל ענק.

ה. קבע אם העבודה הכוללת הנעשית על המערכת "כיסא + ילד" בפרק הזמן המצוין בסעיף ד' היא חיובית, שלילית או שווה לאפס. נמק את קביעתך.

**4)** מסלול החלקה, הבנוי מקטעים ישרים ומקשתות של מעגלים ברדיוס 5m, מכוסה שלג, לכן הוא נחשב חסר חיכוך. על המסלול, בנקודה A, נמצאת מזחלת שמסתה 35kg (ראה תרשים).
גיל, שמסתו 65kg, התיישב במזחלת כשהיא במנוחה.




א. המזחלת שוחררה ממנוחה והיא נעה לאורך המסילה בלי להתנתק ממנה.
חשב את גודל מהירותה בנקודה B.

ב. האם תשובתך לסעיף א' הייתה משתנה אילו נער אחר, שמסתו שונה מזו של גיל, היה מתיישב במזחלת? נמק.

במזחלת מותקנים מאזני קפיץ, שהמשטח העליון שלהם מקביל למסלול בזמן התנועה. גיל יושב על המאזניים, רגליו באוויר והן אינן נשענות על המזחלת.

ג. מה צריך להיות הגובה של נקודה C מעל פני הקרקע, כדי שגיל יהיה חסר משקל כאשר הוא חולף בנקודה זו? פרט את חישוביך.

ד. חשב מה מורים המאזניים (ביחידות ניוטון) כאשר המזחלת חולפת בנקודה E.

ביום חם פחתה כמות השלג לאורך הקטע DF, ובקטע זה היה חיכוך בין המסלול למזחלת. בעקבות החיכוך המזחלת נעצרה (רגעית) בנקודה E.

ה. חשב את הגודל של כוח החיכוך שפעל על המזחלת בקטע DE.

## תשובות סופיות:

**1)** א. ראה סרטון. ב. השינוי במהירות נגרם ע"י פתיחת המצנח.
ג. ראה סרטון. ד. הוכחה.
ה. כוח הכובד-קבוע, התנגדות האוויר עולה ב-13 השניות הראשונות ולאחר מכן קבועה עד השנייה ה-20. ו. $F_{min}=0$ , $F_{max}=2,400N$

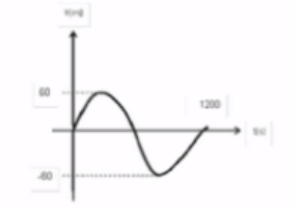
**2)** א. כוח החיכוך של הכביש עם הגלגלים. ב. לקרח מקדם חיכוך נמוך.
ג.i. עם קרח: $x=312.5$ , בלי קרח: $x=39.06$ .
ii. כיוון שמרחק העצירה גדל משמעותית כמעט פי 10.
ד. $a=0.8$ ה. ראה סרטון.

**3)** א. לא. ב.i. כוח הכובד וכוח הנורמל.
ii.

| שם הכוח | כיוון הכוח | | |
|---|---|---|---|
| | בנקודה A | בנקודה B | בנקודה C |
| כוח הכובד | מטה | מטה | מטה |
| נורמל | מעלה | ימינה | מעלה |

iii.

| שם הכוח | כיוון הכוח | | |
|---|---|---|---|
| | בנקודה A | בנקודה B | בנקודה C |
| הכוח השקול | מעלה | ימינה | מטה |

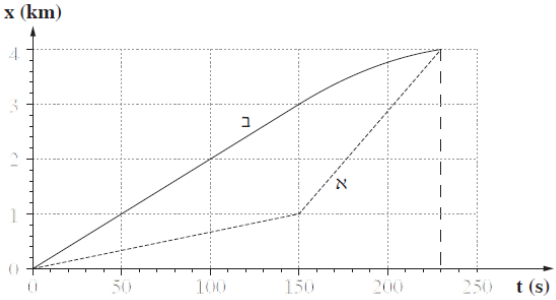
ג. סרטוט: 

, $y=60\sin(wt)$ . ד. 50,916 ה. חיובית.

**4)** א. $v_B=10\frac{m}{sec}$ ב. לא. ג. $h_C=9.5m$ ד. $N=390N$ ה. $F=456$

**2013 קיץ מכניקה:**

**1)** הגרף שלפניך מתאר את מקומן של שתי סירות, א׳ ו-ב׳, כפונקציה של הזמן.
הסירות נעות במסלולים ישרים מקבילים.




א. הגדר את המושג ״מהירות ממוצעת״.

היעזר בגרף וענה על הסעיפים שלפניך.

ב. הסירות שטות $230\sec$. קבע אם במשך פרק הזמן הזה המהירות הממוצעת של סירה א׳ גדולה מן המהירות הממוצעת של סירה ב׳, קטנה ממנה או שווה לה. נמק את קביעתך.

החל מהרגע $t=150\sec$ ועד הרגע $t=230\sec$ סירה ב׳ נעה בתאוצה קבועה.

ג. האם התאוצה חיובית או שלילית? נמק.

ד. חשב את גודל התאוצה של סירה ב׳ החל מהרגע $t=150\sec$.

ה. סרטט במחברתך גרף מדויק של מהירות סירה ב׳ כפונקציה של הזמן, בפרק הזמן המתואר בגרף הנתון.
ציין על הגרף שסרטטת את המהירות הסופית שסירה ב׳ הגיעה אליה.

**2)** גוף נופל ממנוחה מראש מגדל גבוה. גודלו של כוח החיכוך עם האוויר נתון על ידי הביטוי: $f=kv^2$. $k$ הוא קבוע התלוי במאפייני הגוף, $v$ הוא מהירות הגוף.

א. מה הן היחידות של $k$?

ב. הגדר מהי ״נפילה חופשית״, וקבע אם תנועת הגוף הנתון היא נפילה חופשית. נמק את קביעתך.

ג. סרטט במחברתך תרשים של כל הכוחות הפועלים על הגוף במהלך נפילתו, והסבר בעזרתו מדוע ייתכן שהחל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה.

נתון: $k=0.25$ , $m=10\text{kg}$ (ביחידות שחישבת בסעיף א׳).
החל מרגע מסוים הגוף נע במהירות קבועה.

ד. חשב את גודל המהירות הקבועה של הגוף מרגע זה.

ה. סרטט במחברתך גרף של מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, מרגע שחרורו של הגוף ועד רגע פגיעתו בקרקע. בגרף זה אל תציין ערכים על ציר הזמן.

**3)** ענה על הסעיפים הבאים:

א. מכונית הנוסעת במהירות $v_0$ על כביש ישר ואופקי מתחילה לבלום בתאוצה קבועה שגודלה $a$, ונעצרת לאחר שעברה $\ell$ מטרים.
פתח ביטוי המקשר בין ריבוע המהירות של המכונית $\left(v_0^2\right)$ לבין מרחק הבלימה $\ell$.

ב. בפעם אחרת המכונית נוסעת באותו כביש במהירות כפולה $\left(2v_0\right)$, ובולמת באותה תאוצה קבועה, $a$.
חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו, יחסית למרחק הבלימה המקורי, $\ell$.

לקראת החורף הוחלפו צמיגי המכונית, כדי שהמערכת למניעת החלקה תאפשר בלימה בתאוצה גדולה פי 1.5 מהתאוצה הקבועה $a$.

ג. המכונית נוסעת במהירות המקורית, $v_0$. חשב פי כמה השתנה מרחק הבלימה בפעם הזו יחסית למרחק הבלימה המקורי, $\ell$.

נתון כי המהירות המקורית של המכונית היא: $v_0 = 15\frac{m}{sec}$, והמסה שלה היא: $m = 1500kg$.

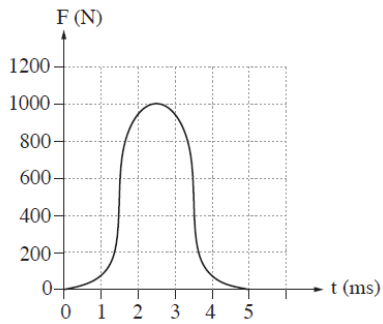
ד. חשב את הכמות הכוללת של האנרגיה שהפכה לחום, במהלך הבלימה המתוארת בסעיף א'.

ה. שקול הכוחות הפועלים על המכונית במהלך הבלימה הוא קבוע, וגודלו: $f = 3000N$. חשב את מרחק הבלימה המקורי, $\ell$.

**4)** ענה על הסעיפים הבאים:

א. ניוטון כתב את החוק השני באמצעות הגודל "כמות התנועה", $\vec{p} = m\vec{v}$.
הראה שכאשר מסת הגוף קבועה: $\frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} = m\vec{a}$.

במשחק טניס מהירותו של הכדור משתנה בהשפעת הכוח שהמחבט מפעיל עליו.
הגרף שלפניך מתאר את גודל הכוח שהמחבט מפעיל על הכדור, כפונקציה של הזמן במהלך חבטה אחת של שחקן טניס.



היעזר בגרף וענה על סעיפים ב' ו-ג'.

ב. חשב בקירוב את גודל השינוי שחל בתנע הכדור בעקבות חבטת המחבט.

נתון, מסת הכדור היא: $m = 0.06kg$.

השחקן חובט אופקית בכדור הנע כלפי מעלה במהירות של: $v = 5\frac{m}{sec}$.

ג. חשב את מהירות הכדור (גודל וכיוון) מיד לאחר החבטה.

ד. כדור טניס מגיע לרצפה במהירות אנכית: $v_1 = 12\frac{m}{sec}$, וחוזר כלפי מעלה במהירות אנכית: $v_2 = 12\frac{m}{sec}$.

לכל אחד מההיגדים i-iii קבע אם הוא נכון או לא נכון. נמק את קביעותיך.

i. התנע של הכדור והתנע של כדור הארץ השתנו.

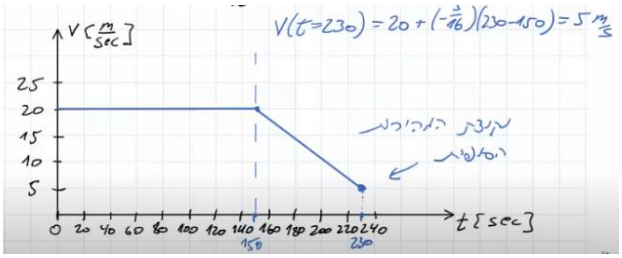
ii. התנע של הכדור השתנה, ואילו בתנע של כדור הארץ לא חל שום שינוי.

iii. התנע והאנרגיה הקינטית של הכדור השתנו.

## תשובות סופיות:

**1)** א. $\bar{V}=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ב. שווה. ג. שלילית. ד. $a=-\frac{3}{16}\frac{m}{sec^2}$

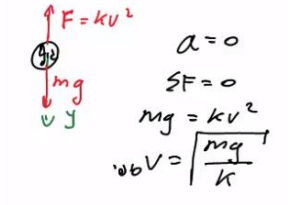
ה. סרטוט:




**2)** א. $k=\frac{N\cdot sec^2}{m^2}$

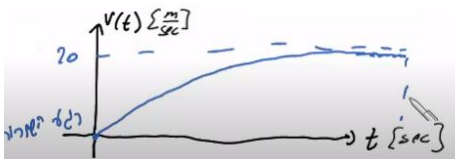
ב. נפילה חופשית היא כשהגוף נע בהשפעת כוח הכובד בלבד. תנועת הגוף הנתון היא לא נפילה חופשית.

ג. סרטוט:




ד. $V=20\frac{m}{sec}$

ה. סרטוט:




**3)** א. $a=-\frac{V_0^2}{2\ell}$ ב. $\Delta x=\ell\cdot 4$ ג. $\Delta x=\frac{2}{3}\ell$ ד. $Q=168,750J$

ה. $\ell=56.25m$

**4)** א. הוכחה. ב. $\Delta P=2N\cdot sec$ ג. $|V|\approx 33.7\frac{m}{sec}$ ד.i. נכון.

ii. לא נכון. iii. לא נכון.

**מכניקה 2016:**

**1)** שמעון והחתול שלו משחקים. שמעון הודף עכבר צעצוע על הרצפה. הצעצוע נע לאורך קן ישר מהנקודה A לכיוון הנקודה B (ראה תרשים). באותו רגע החתול מתחיל לרוץ מאותה הנקודה ולאותו כיוון. יש להזניח את התנגדות האוויר.

החתול האיץ ממנוחה בתאוצה קבועה של $1\frac{m}{sec^2}$. לאחר 2 שניות הוא המשיך במהירות קבועה במשך 5 שניות נוספות, ובמהלך שנייה אחת נוספת הוא האט בקצב קבוע עד עצירתו בנקודה B.

א. סרטט במחברתך גרף של מהירות החתול כפונקציה של הזמן

ב. חשב את המרחק של הנקודה B מהנקודה A.

לאחר ששמעון הקנה לצעצוע מהירות התחלתית בנקודה A, הצעצוע הגיע לנקודה B שנייה וחצי לפני שהגיע לשם החתול. מקדם החיכוך $\mu$ בין הצעצוע לרצפה קבוע.

ג. חשב את המהירות ההתחלתית של הצעצוע.

ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על הצעצוע, וחשב את $\mu$.

בפעם אחרת חזר שמעון על המשחק והקנה לצעצוע את אותה המהירות ההתחלתית. הפעם מקדם החיכוך $\mu'$ בין הצעצוע לרצפה גדול פי 2 $(\mu'=2\mu)$.

ה. קבע באיזה מן הגדלים i-iv שלפניך לא חל שינוי בתנועת הצעצוע. נמק את קביעתך.

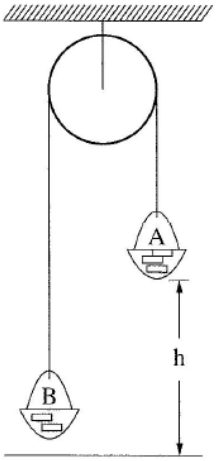
i. התאוצה.

ii. הזמן עד העצירה.

iii. המרחק עד העצירה.

iv. המהירות הממוצעת.

**2)** לפניך 2 קטעים (קטע א' וקטע ב') של דוח מעבדה שהגיש צוות תלמידים.
עליך לקרא כל אחד מן הקטעים ולענות על סעיפי השאלה שאחרי כל קטע.




נושא הניסוי: יישום החוק השני של ניוטון.
בתרשים מוצגת מערכת ("מכונת אטוד") המורכבת מגלגלת מקובעת לתקרה, ועליה כרוך חוט. בשני קצות החוט קשורים סלים A ו-B, ובתוכם מונחות משקולות. מסת הסל A עם המשקולות שבתוכו היא $m_A$, ומסת הסל B עם המשקולות שבתוכו היא $m_B$. הסל A (הכבד יותר) נמצא בגובה h מעל הרצפה (ראה תרשים). הסלים יכולים לנוע מעלה ומטה.
במערכת זו מסת החוט והגלגלת וכל כוחות החיכוך זניחים.
במהלך הניסוי משחררים את המערכת ממנוחה. באמצעות שעון עצר מודדים את זמן התנועה $t$ של המערכת מרגע שחרורה ועד פגיעת הסל A ברצפה.
על פי מדידת הגובה והזמן מחשבים את התאוצה $a$ של הסל A.

ניסוי 1.
מטרת הניסוי: לאמת את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
מהלך הניסוי: שחררנו את הסל A כמה פעמים, בכל פעם מגובה אחר, בלי לשנות את מסות הסלים. אחר כך חישבנו את התאוצה $a$.
התוצאות והחישובים של שלוש מדידות מוצגים בטבלה:

| $h(m)$ | $t(s)$ | $a\left(\frac{m}{sec^2}\right)$ |
|---|---|---|
| 0.5 | 1.01 | 0.98 |
| 1 | 1.40 | 1.02 |
| 1.5 | 1.72 | 1.01 |

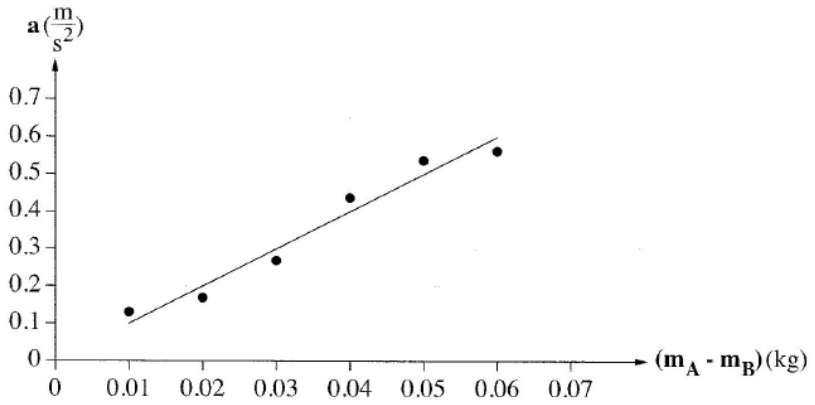
א. הסבר בקצרה מדוע על פי חוקי ניוטון נכון להניח שהסל A יורד בתאוצה קבועה.
בתשובתך על סעיף זה אין להתבסס על תוצאות המדידות.

ב. הראה כיצד חישבו התלמידים את התאוצה בניסוי זה.

ג. קבע אם הממצאים המוצגים בטבלה אכן מבססים את ההשערה שהסל A יורד בתאוצה קבועה. נמק את קביעתך.

ניסוי 2.
מטרת הניסוי: בדיקת התלות של התאוצה בהפרש המסות של הסלים, בעוד המסה הכוללת של המערכת נשארת קבועה.
מהלך הניסוי: חזרנו על מדידת זמן התנועה כמה פעמים, ובכל פעם העברנו משקולת מהסל B לסל A.

תוצאות המדידות וקו למגמה מוצגים להלן:

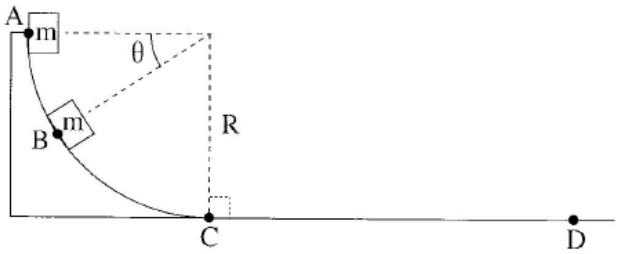



ד. סרטט במחברתך את תרשים הכוחות הפועלים על כל אחד מן הסלים. כתוב ליד כל כוח את שמו.

ה. התבסס על חוקי ניוטון, ופתח משוואה המקשרת בין התאוצה ובין הפרש המסות של הסלים.

ו. על פי הגרף שבקטע ב' והמשוואה שפיתחת בסעיף ה, חשב את המסה הכוללת $(m_A + m_B)$ של הסלים במערכת. פרט את חישוביך.

**3)** גוף שמסתו m משוחרר ממנוחה בנקודה A, והוא נע לאורך מסלול ABCD (ראה תרשים). הקטע ABC חלק וצורתו רבע מעגל שרדיוסו R. הקטע CD הוא מישור מחוספס. יש להזניח את התנגדות האוויר.




ענה על סעיפים א'-ג' באמצעות הפרמטרים: $\theta , g , m , R$ (כולם או חלקם).

א. בטא את מהירותו של הגוף בנקודה B.

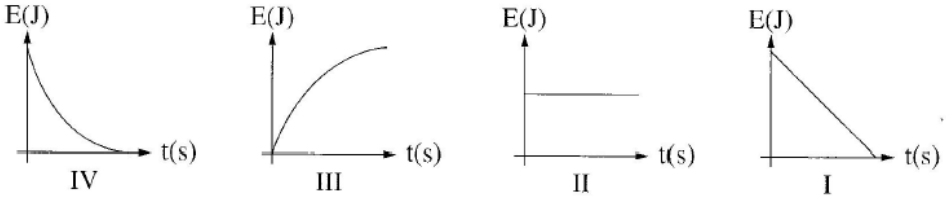
ב. בטא את התאוצה הרדיאלית של הגוף בנקודה B.

ג. בטא את התאוצה המשיקית של הגוף בנקודה B.

לאחר שהגוף עבר בנקודה C הוא נע בתאוצה קבועה עד שנעצר בנקודה D.
נתון, מרחק העצירה: $CD = 2R$.

ד. השתמש בשיקולי אנרגיה וחשב את מקדם החיכוך בין הגוף למישור המחוספס.

לפניך ארבעה גרפים המתארים אנרגיה מכנית כפונקציה של הזמן:



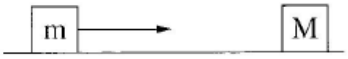

ה. ענה על הסעיפים הבאים:

i. קבע איזה מן הגרפים I-IV מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן, בקטע ABC.

ii. קבע איזה מן הגרפים I-IV מתאר נכון את האנרגיה המכנית של הגוף כפונקציה של הזמן בקטע CD.

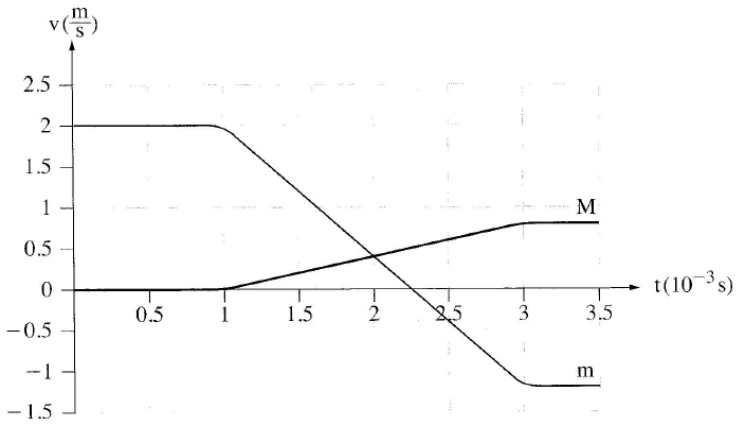
נמק כל אחת משתי הקביעות.

**4)** תיבה שמסתה $m = 0.5kg$ נעה ע משטח אופקי חלק לכיוון תיבה שמסתה M שנמצאת במנוחה (ראה תרשים 1).




תרשים 1

שתי התיבות התנגשו התנגשות אלסטית (לחלוטין).
בגרף שלפניך מוצגות המהירויות של שתי התיבות כפונקציה של הזמן.
שים לב: הזמן בגרף נתון באלפיות שנייה.




תרשים 2

על פי הגרף ענה על הסעיפים האלה:

א. תאר במילים את תנועתה של התיבה m בפרק הזמן המתואר בגרף.

ב. חשב את מסת התיבה M.

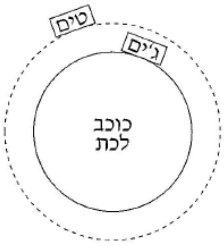
ג. חשב את הכוח השקול הממוצע שפעל על התיבה M בזמן ההתנגשות.

ד. בגרף אפשר לראות שבזמן ההתנגשות, השיפועים של שתי העקומות שונים זה מזה בגודל ובסימן. התבסס על חוקי ניוטון והסבר שוני זה.

ה. הוכח שההתנגשות הייתה אלסטית (לחלוטין).

ו. החליפו את התיבה שמסתה M בתיבה אחרת שמסתה 'M. ההתנגשות בין התיבות נשארה התנגשות אלסטית (לחלוטין). חשב מה צריך להיות הערך המרבי של מסת התיבה 'M, כדי שתיבה m לא תשנה את כיוון תנועתה אחרי ההתנגשות.

**5)** בתרחיש דמיוני, שני אסטרונאוטים טים וג'ים חקרו כוכב לכת שלא נע סביב צירו. טים ישב על כיסא בתוך מעבורת שהקיפה את כוכב הלכת במסלול מעגלי במנוע כבוי. ג'ים ישב על כיסא בתוך רכב חלל שעמד על פני כוכב הלכת (ראה תרשים).
לשני האסטרונאוטים מסה זהה: $m = 100kg$.




א. קבע מיהו האסטרונאוט שהפעיל על כיסאו כוח גדול יותר: טים או ג'ים? נמק בלי חישוב.

על הרצפה של רכב החלל שעמד על פני כוכב הלכת הותקן מד-משקל.
כאשר ג'ים עמד עליו, הוריית המד-משקל הייתה $2000N$.
ג'ים התחיל בנסיעה לאורך מסלול מעגלי על קו המשווה של כוכב הלכת.
הוא הבחין שככל שהגביר את מהירותו, כך קטנה הוריית המד-משקל.

ב. הסבר מדוע קטנה הוריית המד-משקל.

נתון, כאשר הגיע רכב החלל למהירות של: $v = 1.25 \cdot 10^4 \frac{m}{sec}$, הייתה הוריית המד-משקל $980N$.

ג. חשב את הרדיוס של כוכב הלכת.

ד. חשב את מסתו של כוכב הלכת.

ה. תאוצת המעבורת שהקיפה את כוכב הלכת בתנועה מעגלית קצובה הייתה $a$.
נסמן ב-$g^*$ את תאוצת הכובד בגובה שבו סובבת המעבורת סביב כוכב הלכת.
קבע איזה מן ההיגדים i-iii שלפניך נכון. נמק קביעתך.

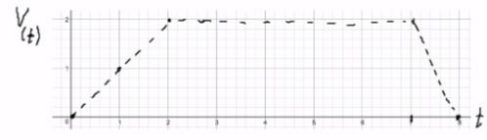
i. $a > g^*$

ii. $a = g^*$

iii. $a < g^*$

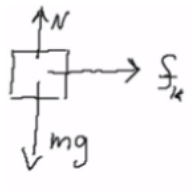
## תשובות סופיות:

**1)** א. סרטוט:




ב. 13m  ג. $V_0 = 4$

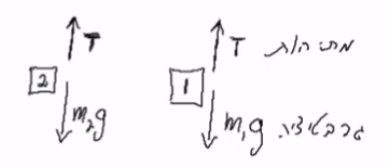
ד. סרטוט:




$\mu = -\frac{8}{130}$ .  ה. iv.

**2)** א. סכום הכוחות קבוע ולכן התאוצה קבועה.  ב. ראה סרטון.

ג. הוכחה אמפירית.  ד. סרטוט:




ה. $\frac{g}{m_A + m_B}(m_A - m_B) = a_2$  ו. $m_A + m_B = 1$

**3)** א. $V^2 = 2gR\sin\theta$  ב. $a_{\hat{r}} = \frac{V^2}{R}$  ג. $a_{\hat{\theta}} = g\cos\theta$

ד. $\mu = \frac{1}{2}$  ה.i. גרף II.  ii. גרף I.

**4)** א. ראה סרטון.  ב. $M = 2$  ג. $F = 800N$

ד. ראה סרטון.  ה. הוכחה.  ו. $\left(\frac{M}{m}\right)^2 = \frac{M}{m}$

**5)** א. ג'ים.  ב. $N = mg - \frac{m}{R}V^2$  ג. $R = 1.56 \cdot 10^7$

ד. $M = 7.1 \cdot 10^{25}$  ה. היגד ii נכון.

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 15 - מבוא למבנה החומר

### תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 16 - הכוח החשמלי- חוק קולון

### תוכן העניינים

1. חוק קולון ..... 161
2. תרגילים ..... 162

# 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.

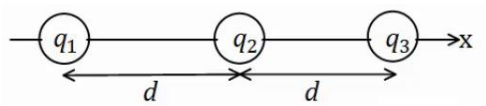
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

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

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

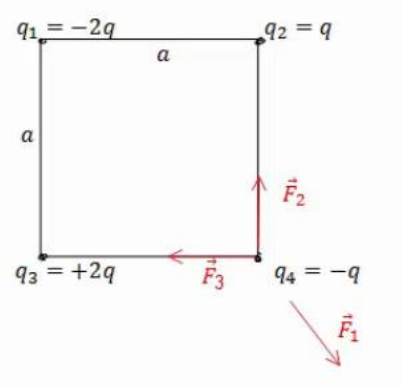
# תרגילים:

## שאלות:

**1) מטען בפינת ריבוע**

חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.

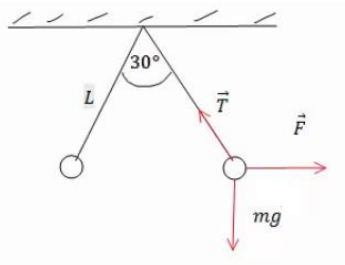
q ו- $a$ נתונים.




**2) שני כדורים תלויים**

שני כדורים בעלי מסה m ומטען זהה תלויים מהתקרה ע״י חוטים בעלי אורך L , הזווית בין החוטים היא 30 מעלות.

מצא את מטען הכדורים.




**3) מהירות זוויתית באטום המימן**

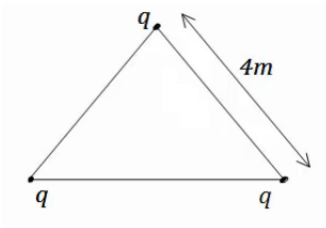
אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרום.

מצא את המהירות הזוויתית של האלקטרון, אם ידוע כי מסת האלקטרון היא: $m_e = 9.1\cdot10^{-31}kg$ ומטען האלקטרון והפרוטון הוא: $q_e = -1.6\cdot10^{-19}c = -q_p$.

**4) מטענים בקודקודי משולש**

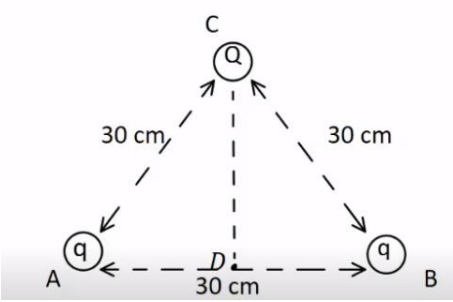
שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות.

גודל כל מטען הוא $q = 2\mu c$ ואורך צלע המשולש היא 4m.




מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.

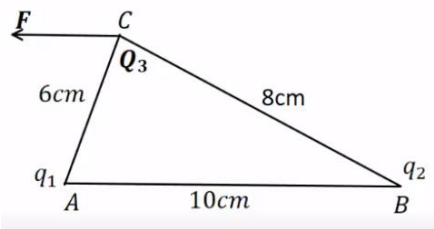
**5) כוח על כדור בקצה משולש**




שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא: $q=10^{-5}c$, 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: $Q=-2\cdot10^{-5}c$.
משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

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

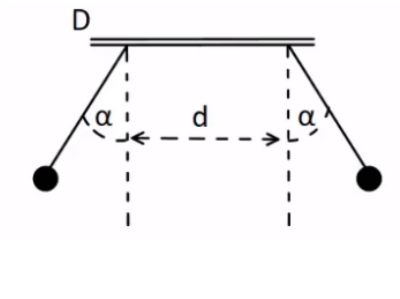
**6) נחש את סימן המטענים**




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

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

**7) שני מטענים תלויים**




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

## תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

6) א. $q_1$ : שלילי, $q_2$ : חיובי. ב. $q_2 = 7.11\mu c$ ג. $\sum F_x = 37.5N$

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 17 - השדה החשמלי

### תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים ..... 165

# שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

## שאלות:

**1) שדה בשתי נקודות**

מטען $q$ נמצא בראשית הצירים.

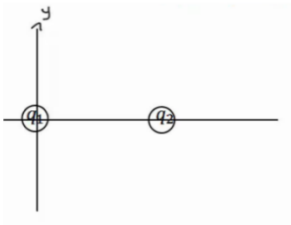
א. חשב את השדה בנקודות $(1m,3m)$, $(0,2m)$, אם נתון ש- $q=5c$ (גודל וכיוון).

ב. חזור על סעיף א' אם $q=-7c$.

ג. מצא מה יהיה הכוח על מטען $q_2=3c$ המגיע לנקודה $(1m,3m)$ עבור סעיף א'.

ד. 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 $(3cm,0)$.

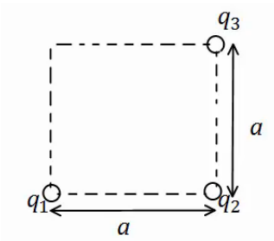
מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm,0)$.

ב. $(2cm,0)$.

ג. $(2cm,1cm)$.

**3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע**

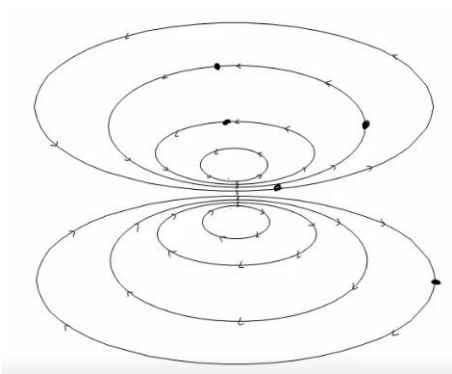



מטענים $q_1$ , $q_2$ , $q_3$ נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע $a$.

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 $-5\cdot10^{-9}C$ חשב בכוח חשמלי שגודלו $4\cdot10^{-8}N$ 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 $q_1=3\cdot10^{-9}C$ ו- $q_2=-5\cdot10^{-9}C$ מרוחקים $1.8m$ זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?

**11) שדה בכמה נקודות**

מטען $q_1=4\cdot10^{-6}C$ נמצא בראשית. מטען אחר של $q_2=-2\cdot10^{-9}C$ נמצא בנקודה $(1,2)$ במטרים.
חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:

א. $(0,2)$

ב. $(-1,-2)$

ג. $(-1,-4)$*

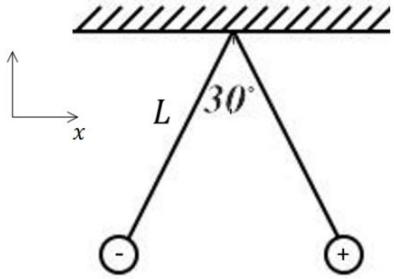
**12) שני כדורים תלויים בשדה חיצוני**

שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים באורך: $L = 8cm$.

מסת הכדורים זהה ושווה ל- $4gr$, מטעני הכדורים הם: $6\cdot10^{-8}C$ ו- $-6\cdot10^{-8}C$, 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 בינהם?



## תשובות סופיות:

1) א. $\vec{E}=1.42\cdot10^{9}\hat{x}+4.27\cdot10^{9}\hat{y}$ ב. $\vec{E}=6.3\cdot10^{9}\hat{x}+15.75\cdot10^{9}\left(-\hat{y}\right)$

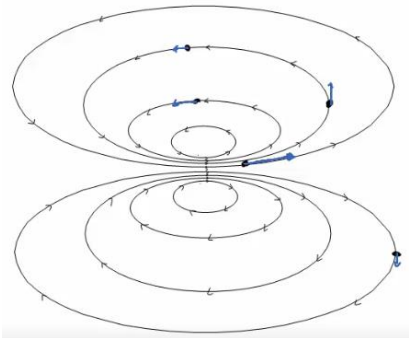
ג. $\vec{F}=4.26\cdot10^{9}\hat{x}+12.81\cdot10^{9}\hat{y}$ ד. $\vec{F}_3=-4\cdot\left(1.42\cdot10^{9}\hat{x}+4.27\cdot10^{9}\hat{y}\right)$

2) $E_{1_x}=8.05\cdot10^{7},\ E_{1_y}=4.03\cdot10^{7},\ E_{2_x}=-12.73\cdot10^{7},\ E_{2_y}=12.73\cdot10^{7}$

$E_{T_x}=-4.68\cdot10^{7},\ E_{T_y}=16.77\cdot10^{7}$

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

4)



5) לא.

6) כן.

7) לא.

8) זהה.

9) א. $8\frac{N}{C}$ , למעלה. ב. $1.28\cdot10^{-18}N$ , כלפי מעלה.

10) .

11) $x_2=-6.19$

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

ג. $\vec{E}=-0.37\hat{x}-1.63\hat{y}$

13) $4.94\cdot10^{5}\frac{N}{C}$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 18 - חוק גאוס ברמה איכותית בלבד

### תוכן העניינים

1. הסבר ..... 169

# חוק גאוס:

## רקע:

הקבוע הדיאלקטרי של הריק:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$$

ניתן לרשום את כל הנוסחאות עם $k$ או עם $\varepsilon_0$ .

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

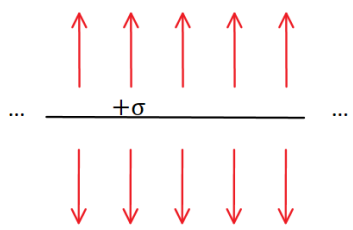
r - הוא המרחק ממרכז הקליפה/כדור

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (כמו מטען נק')

בקליפה דקה ובכדור מוליך השדה בתוך הקליפה/כדור מוליך הוא אפס.

השדה של מישור אינסופי:

$$E = 2\pi k\sigma = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

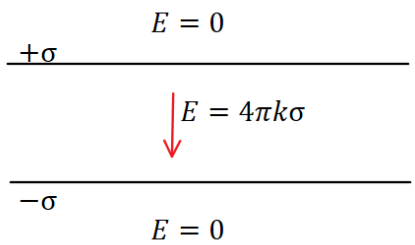



כאשר:

$\sigma$ - 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:

$\lambda$ - היא צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל $(\lambda = \frac{Q}{L})$

$r$ - הוא המרחק מהתיל

אותה הנוסחה גם עבור גליל מלא או קליפה גלילית אינסופיים מחוץ לגליל או לקליפה.

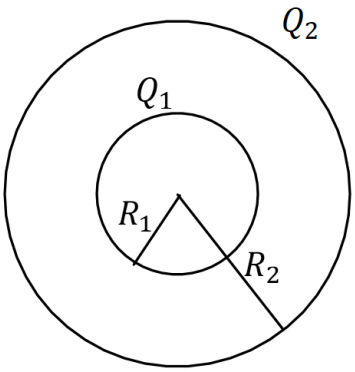
בקליפה גלילית דקה ובגליל מלא מוליך השדה בתוך הקליפה/גליל מוליך הוא אפס.

כיוון השדה הוא בכיוון הרדיאלי (גלילי)

## שאלות:

**1) שתי קליפות קונצנטריות**

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימית הוא $R_1 = 3cm$ והמטען עליה הוא $Q_1 = 2\mu C$, רדיוס הקליפה החיצונית הוא $R_2 = 6cm$ והמטען עליה הוא $Q_2 = 5\mu C$.

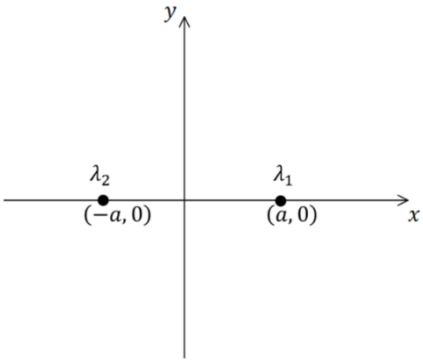



א. חשבו את פונקציות השדה החשמלי בכל המרחב.
רמז: סופרפוזיציה.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל $Q_3 = 0.03\mu C$ הנמצא במרחק $r = 8cm$ 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 הy.

ב. חזרו על סעיף א עבור $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$.

## תשובות:

**1)** א.

$$E=\begin{cases}\dfrac{63\cdot 10^{3}\,\dfrac{N\cdot m^{2}}{C}}{r^{2}} & 6cm<r\\[2ex] \dfrac{18\cdot 10^{3}\,\dfrac{N\cdot m^{2}}{C}}{r^{2}} & 3cm<r<6cm\\[2ex] 0 & r<3cm\end{cases}$$

בכיוון רדיאלי.

ב. 0.295N בכיוון רדיאלי.

**2)** א. $\vec{E}=\dfrac{4k\lambda y}{y^{2}+a^{2}}\hat{y}$

ב. $\vec{E}=-\dfrac{4k\lambda y}{y^{2}+a^{2}}\hat{x}$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 19 - תנועה בשדה חשמלי אחיד

### תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 172

# 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: $Q = 6\cdot10^{-6}c$ והמטען הכולל על הלוח העליון זהה והפוך בסימנו.

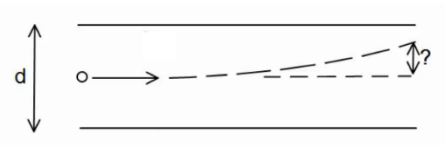
משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\begin{pmatrix} q_e = -1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e = 9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. כמה זמן ייקח לאלקטרון להגיע אל הלוח התחתון?

ב. מהי מהירותו בזמן פגיעתו בלוח?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון באותו הרגע?

**2) חישוב סטייה**



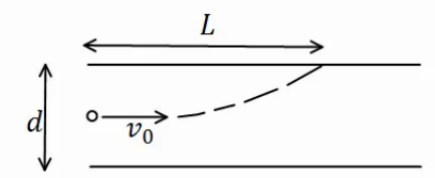

שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס"מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ"מ.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.
המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q = 3\cdot10^{-11}c$, והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

אלקטרון נע במהירות: $v_0 = 2\cdot10^{7}\frac{m}{sec}$ במקביל ללוחות: $\begin{pmatrix} q_e = -1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e = 9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

א. מצא את הסטייה של האלקטרון (כמה זז בציר ה- $y$) ברגע צאתו מן הלוחות.

ב. 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.

א. מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.

ב. מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

## תשובות סופיות:

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

2) א. $y_x = 0.747\text{mm}$ ב. $\theta \approx 1.72°$

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 20 - מוליכים

### תוכן העניינים

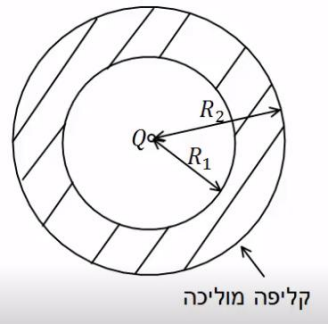
1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים ..... 174

# 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.

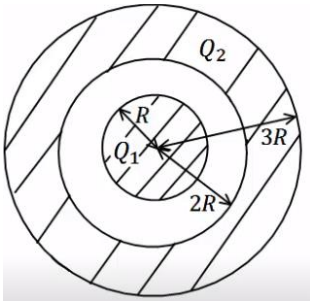
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?

**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?

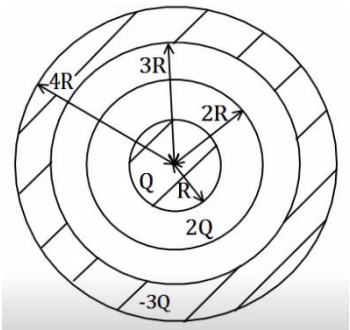
ג. מטען נקודתי q מונח ב- $r=1.5R$.

מהו הכוח הפועל על המטען אם ניתן להניח שההשפעה 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.

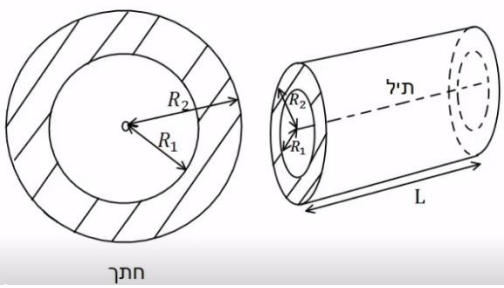
הכדורים והקליפות קונצנטריים (בעלי מרכז משותף).




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:

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

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

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

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

ג. $F=q\frac{kQ_1}{(1.5R)^2}$

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

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

**4)** א. $\lambda=\frac{Q}{L}$

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

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

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 21 - חומרים דיאלקטריים

### תוכן העניינים

1. הסברים ותרגילים ..... 177

# הסברים ותרגילים:

## רקע:

חומר דיאלקטרי הוא חומר מבודד (בפשטות, במקרים יותר מורכבים אפשר לדבר גם על חומרים דיאלקטרים מוליכים)

בחומר דיאלקטרי יש דיפולים, כאשר החומר נמצא בשדה חשמלי הדיפולים מתיישרים בכיוון השדה ויוצרים שדה נגדי.

השדה השקול בתוך החומר (בהנחה שהחומר אחיד ובעל סימטריה):

$$\vec{E}_T = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon_r}$$

$\vec{E}_T$ - השדה השקול בתוך החומר, זה השדה שמרגיש מטען בתוך החומר.

$\vec{E}_0$ - שדה שנוצר מהמטען חיצוני (ולא מהדיפולים של החומר).

$\varepsilon_r$ - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

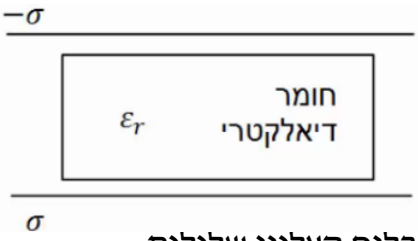
לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר הוא:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

כאשר $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$ הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

## שאלות:

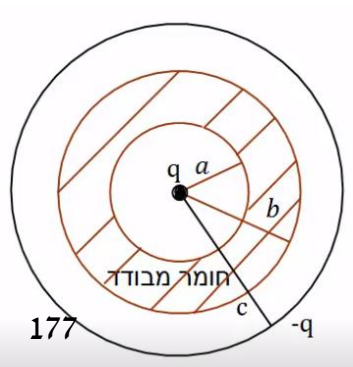
**1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות**




חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 3\cdot 10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

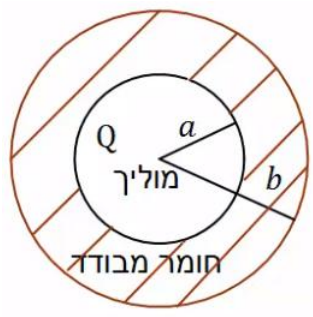
**2) מטען נקודתי בתוך מעטפת דיאלקטרית**




מטען נקודתי $q = 2\cdot 10^{-6}c$ מוקף במעטפת כדורית מבודדת בעלת רדיוס פנימי $a = 5c.m$ ורדיוס חיצוני $b = 8c.m$. המקדם הדיאלקטרי של המעטפת המבודדת הוא: $\varepsilon_r = 3$. את כל המערכת עוטפת

קליפה מוליכה דקה ברדיוס $c = 10c.m$ הטעונה
במטען $-q = -2\cdot 10^{-6}c$.
מהו השדה החשמלי בכל המרחב אם הקליפה
המבודדת אינה טעונה?

**3) כדור מוליך בתוך מעטפת דיאלקטרית**




כדור מוליך ברדיוס $a$ טעון במטען Q.
הכדור מוקף במעטפת עבה העשויה חומר דיאלקטרי
בעל מקדם $\varepsilon_r$. הרדיוס הפנימי של המעטפת
הדיאלקטרית צמוד לרדיוס הכדור $a$ והרדיוס
החיצוני שווה ל- $b$.
הבא את השדה החשמלי בכל המרחב באמצעות הפרמטרים של הבעיה.

## תשובות סופיות:

**1)** $E = 1.7\cdot 10^{8}\,\frac{N}{C}$

**2)** $$E = \begin{cases} \frac{kq}{r^2} & r < a \\ \frac{\frac{kq}{r^2}}{\varepsilon_r} & a < r < b \\ \frac{kq}{r^2} & b < r < c \\ 0 & c < r \end{cases}$$

**3)** $$E = \begin{cases} 0 & r < a \\ \frac{kQ}{\varepsilon_r^{\,2}} & a < r < b \\ \frac{kQ}{r^2} & b < r \end{cases}$$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 22 - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

### תוכן העניינים


1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי ..... 180
2. פוטנציאל ומתח ..... 182
3. פוטנציאל במוליכים ..... 186
4. תרגילים נוספים ..... 188

# עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי:

## שאלות:

**1) עבודה להביא מטען מהאינסוף**

מהי העבודה הדרושה להביא מטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ מהאינסוף למרחק $r = 50cm$ ממטען $Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ המקובע במקום?

**2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף**

מטען $Q_1 = 4\cdot10^{-5}c$ בעל מסה $m = 10^{-3}kg$ נע מהאינסוף במהירות $v_0 = 20\frac{m}{sec}$ כלפי מטען $Q_2 = 5\cdot10^{-5}c$ המקובע למקום.

א. מהו המרחק בו ייעצר רגעית המטען?

ב. מהי מהירות המטען כאשר מרחקו $100m$?

**3) עבודה להרחיק שני מטענים**

חשב את העבודה הדרושה להרחיק שני מטענים: $Q_1 = 3\cdot10^{-6}c$ , $Q_2 = -4\cdot10^{-6}c$ ממרחק $r_1 = 20cm$ למרחק $r_2 = 40cm$.

בדוק האם הסימן הגיוני.

**4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה**

חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $Q_1 = 3\cdot10^{-5}c$ לתוך קליפה כדורית ברדיוס $R = 0.8m$ הטעונה בצפיפות מטען משטחית $\sigma = 2\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

**5) עבודה של לוח אינסופי**

מטען $Q = 2\cdot10^{-6}C$ נמצא במרחק $d = 30c.m$ מלוח אינסופי הטעון בצפיפות מטען ליחידת שטח $\sigma = 5\cdot10^{-3}\frac{c}{m^2}$.

חשב את העבודה הדרושה להביא את המטען אל הלוח.

**6) מטען זז 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 $d = 5cm$.

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

## תשובות סופיות:

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

2) א. $r = 90m$ ב. $v_F \approx 6.32\frac{m}{sec}$

3) $W = 0.27J$ , כן.

4) $W = 5.43\cdot 10^{3} - 0$

5) $W = 170J$

6) $W = 33.9J$

# פוטנציאל ומתח:

## שאלות:

**1) פוטנציאל שיוצר מטען בשתי נקודות**

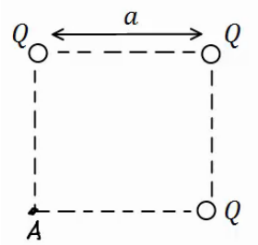
חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ במרחק $r_1 = 0.8m$ ובמרחק $r_2 = 0.3m$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q_2 = 5\cdot10^{-6}c$ מהמרחק הראשון למרחק השני?

**2) 3 מטענים בפינות של ריבוע**

בשלוש פינות של ריבוע מקובעים שלושה מטענים זהים $Q = 2\cdot10^{-5}c$.

אורך צלע הריבוע היא $a = 3cm$.

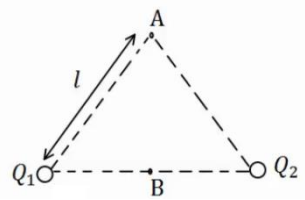



א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

ג. חשב את העבודה הדרושה להזיז את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ ממרכז הריבוע לקצה הריבוע.

**3) שני מטענים על משולש שווה צלעות**



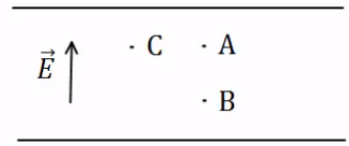

שני מטענים זהים $Q_1 = Q_2 = 10^{-6}c$ נמצאים על קדקודיו של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 5cm$.

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 $q = 5\cdot10^{-6}c$ 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.



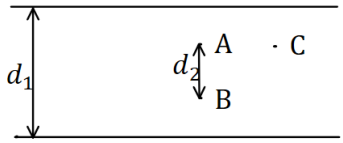

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

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 גבוה יותר?

**5) מתח בין לוחות**




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

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

ג. מהו המתח $V_{BA}$ אם ידוע שהמרחק בין הנקודות A ו B הוא $d_2 = 5cm$?

ד. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מ-A ל-B?

ה. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מ-A ל-C - הנמצאת באותו הגובה של A?

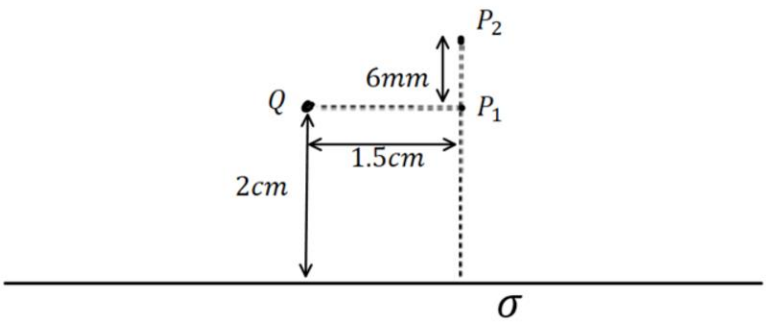
**6) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי**

מטען נקודתי $Q = 3\mu C$ נמצא בגובה 2cm מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות אחידה: $\sigma = 8\cdot10^{-4}\frac{C}{m^2}$.

א. מצאו את הפוטנציאל בנקודות שבאיור (הניחו שהפוטנציאל של הלוח הוא אפס על הלוח).

ב. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען: $q = 10^{-10}C$ 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:

$0 < x < 15\ cm$ ו- $-15cm < x < 25cm$

נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא: $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8}\ {}^{C}/_{m^2}$
וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.

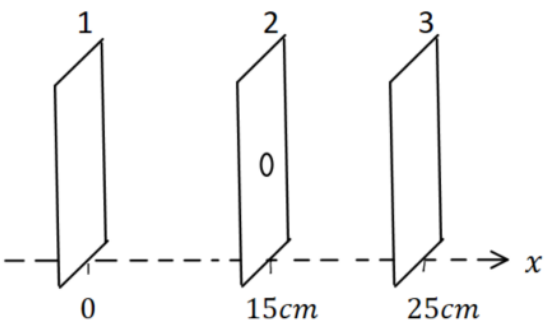
ב. חשבו את $\sigma_2$ ו- $\sigma_3$.

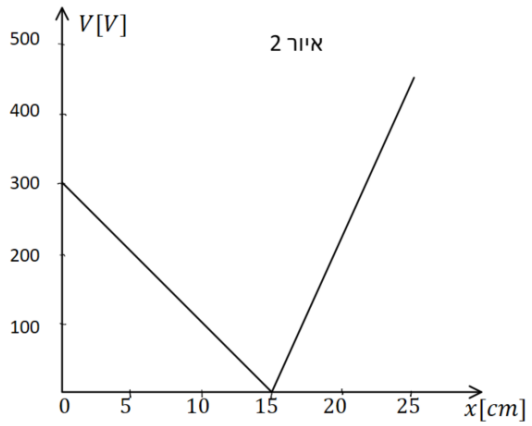
חלקיק קטן בעל מסה $5 \cdot 10^{-16}kg$ שמטענו q אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות: $3 \cdot 10^{6}\ {}^{m}/_{s}$.

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:

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

2) א. $V_A = 16.24 \cdot 10^6 V$ ב. $V_B = 25.46 \cdot 10^6 V$

ג. $W = -27.65J$

3) א. $V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 V$ ב. $W_{A \to B} = 1.8J$

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.

ב. $E = 50 \frac{N}{m}$ ג. $-2.5V$ ד. $-5 \cdot 10^{-6} J$ ה. 0

6) א. $V(P_1) = 8.95 \cdot 10^5 V$, $V(P_2) = 4.90 \cdot 10^5 V$ ב. $-4.05 \cdot 10^5 J$

7) א. $E = \begin{cases} 2000 \frac{V}{m} & 0 < x < 15 \\ -4500 \frac{V}{m} & 15 < x < 25 \end{cases}$

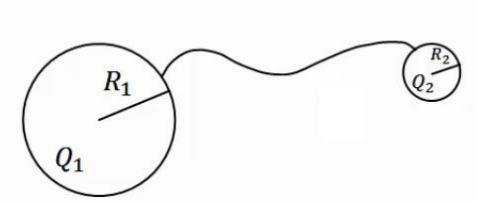
ב. $\sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$ , $\sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8} \frac{C}{m^2}$ ג. $q = 7.5 \mu C$

ד. לא ב- $x \approx 22_{cm}$

# 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?

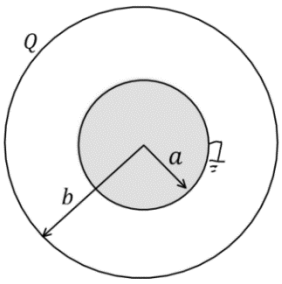
**2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת**

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**

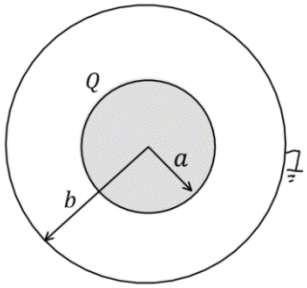
קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס b טעונה במטען Q.
במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס a המוארק לאדמה.

א. מהו המטען על הכדור?




כעת הכדור טעון במטען Q (ואינו מוארק), והקליפה החיצונית מוארקת.

ב. מהו מטענה של הקליפה המוארקת?



## תשובות סופיות:

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

2) $q = Q$

3) א. $-\frac{a}{b}Q$ ב. $-Q$

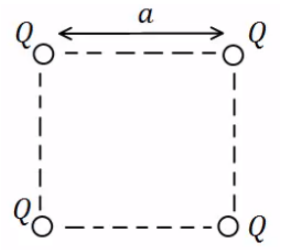
# תרגילים נוספים:

## שאלות:

**1) אנרגיה חשמלית של מערכת**

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 3\cdot10^{-6}c$ הנמצאים במרחק 80 ס"מ זה מזה.

**2) מטענים בפינות ריבוע**




בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע $a = 0.5m$ ישנם מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-7}c$.

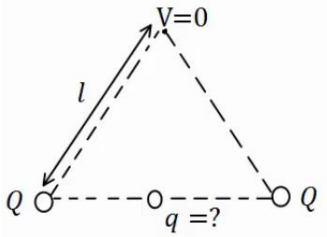
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען $q = 3\cdot10^{-8}c$ 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: $Q = 2\cdot10^{-5}c$.

מטען נוסף, q, מונח במרכז הצלע שביניהם.

אורך הצלע של המשולש הוא: $l = 20cm$.

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 $Q = 2\cdot10^{-6}c$ לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}c$ מפוטנציאל של $V = 5V$ לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}c$ מנקודה זו לפוטנציאל של 10V?

**5) עבודה לא תלויה במסלול**

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

מטען נקודתי נוסף $Q_2 = 2\cdot10^{-5}c$ ממוקם ב-$(0.8m,0)$.

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

ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען $q = 3\cdot10^{-6}c$ 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 פוטנציאלים**

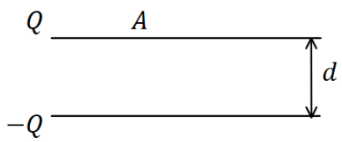
אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים של $300V$.
האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

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?

$q_e = -1.6\cdot10^{-19}c$ , $m_e = 9.11\cdot10^{-31}kg$.

**7) פרוטון נע בין לוחות**




שני לוחות גדולים בעלי שטח $A = 2m^2$ נמצאים במרחק $d = 10cm$ אחד מהשני.
טוענים את אחד הלוחות במטען $Q = 6\cdot10^{-3}c$, 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?

$q_p = 1.6\cdot10^{-19}c$ , $m_p = 1.67\cdot10^{-27}kg$

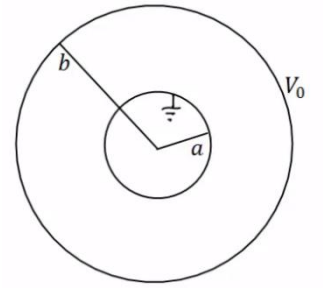
**8) פוטנציאל של כדור מוליך**

כדור מוליך שרדיוסו $R = 20cm$ טעון במטען $Q = 3\cdot10^{-6}c$.

א. מהו השדה החשמלי במרחק $r_1 = 25cm$ ובמרחק $r_2 = 15cm$ 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: $R_1 = 1m$ ו- $R_2 = 1.4m$,

טעונים במטענים: $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$.

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 $d = 5m$.
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

**11) שני מטענים מתרחקים**

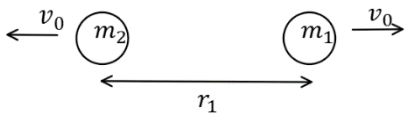
שני גופים בעלי מסות $m_1 = 20gr$ ו- $m_2 = 60gr$ ומטענים ו- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$

נמצאים במרחק $r_1 = 80cm$ זה מזה, ובמנוחה.

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 1.2m$?

ב. מה תהיה מהירות הגופים לאחר זמן רב מאוד?

**12) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים**




שני גופים בעלי מסות $m_1 = 25gr$ ו- $m_2 = 50gr$

ומטענים $Q_1 = 4\cdot10^{-6}c$ ו- $Q_2 = -5\cdot10^{-6}c$ נמצאים

במרחק $r_1 = 1m$ זה מזה.

לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

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

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 5m$?

ב. מהו $v_0$ המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?

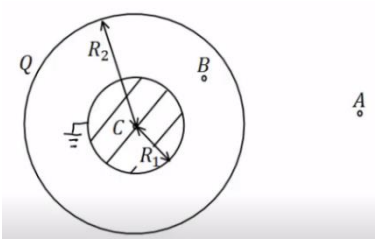
ג. כעת נניח כי $v_0$ שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.
מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?

ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5m$.

**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**



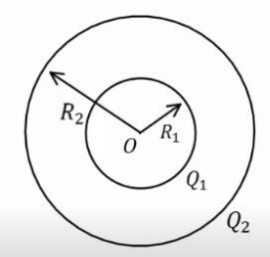

כדור מוליך ברדיוס $R_1 = 5c.m.$ נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית דקה.
רדיוס הקליפה הוא: $R_2 = 10c.m.$ והמטען עליה הוא: $Q = 3\cdot10^{-7}c$. מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות: $r_A = 20c.m.$ , $r_B = 7c.m.$ , $r_C = 0$ ?

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

**15) שתי קליפות קונצנטריות 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 $R = 3m$ , מבודד מבחינה חשמלית, טעון על פניו בצפיפות מטען אחידה: $\sigma_1 = 5\cdot10^{-9}\frac{C}{m^2}$. במרחק $d = 6m$ ממרכז הכדור נמצא משטח מישורי גדול מבודד, הטעון בצפיפות מטען אחידה: $\sigma_2 = 15\cdot10^{-9}\frac{C}{m^2}$.

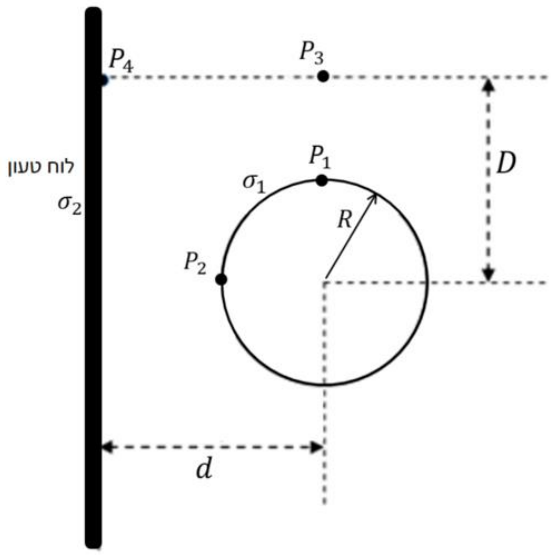
הנקודות $P_1$ ו-$P_2$ שבציור נמצאות מחוץ לכדור, אך קרוב מאד לשפתו. הישר המחבר את הנקודות $P_3$ ו-$P_4$ ניצב למשטח ומרוחק $D = 4m$ ממרכז הכדור. $P_4$ היא נקודה מימין למשטח, אך מאוד קרובה אליו. הנקודות $P_1$ ו-$P_3$ נמצאות בדיוק מעל מרכז הכדור. לעזרתכם: שטח פנים של כדור בעל רדיוס R נתון ע"י $4\pi R^2$.

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: $q = 10^{-9}C$ 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****

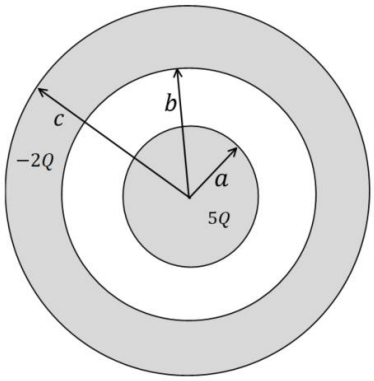
כדור מוליך בעל רדיוס a טעון במטען חיובי 5Q ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי b ורדיוס חיצוני c, הטעונה במטען $-2Q$.

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:

1) $U \approx 0.101J$

2) א. $W \approx 3.9\cdot10^{-3}J$ ב. $V_A = 20.84\cdot10^{3}V$ ג. $W \approx 6.25\cdot10^{-4}J$

ד. $W = 4.53\cdot10^{-3}J$

3) א. $q = -3.46\cdot10^{-5}c$ ב. $q = -2\cdot10^{-5}c$

4) א. $W = 15J$ ב. $W = 3\cdot10^{-7}J$ ג. $W = -3\cdot10^{-5}J$

ד. $W = -10^{-5}J$

5) א. $V_A = 3.17\cdot10^{5}V$ , $V_B \approx 1.97\cdot10^{5}V$ , $V_C = 2.5\cdot10^{5}V$

ב. $W_{AB} = -3.6\cdot10^{-1}J$ ג. $W_{B\to C} = 1.59\cdot10^{-1}J$ ד. $W_{AC} = -2.01\cdot10^{-1}J$

6) א. $\Delta U = -300eV \ / = 4.8\cdot10^{-17}J$ ב. $V_F \approx 1.02\cdot10^{7}\frac{m}{sec}$

7) א. $\sigma = 3\cdot10^{-6}\frac{c}{m^2}$ ב. $E \approx 3.39\cdot10^{5}\frac{N}{C}$ ג. $V = 3.39\cdot10^{4}V$

ד. $v = 2.55\cdot10^{6}\frac{m}{sec}$

8) א. $E(r_1) = 4.32\cdot10^{5}\frac{N}{C}$ , $E(r_2) = 0$

ב. $V(r_1) = 1.08\cdot10^{5}V$ , $V(r_2) = 1.35\cdot10^{5}V$

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

10) א. $V_{21} \approx 2.06\cdot10^{4}V$ ב. $V_{ba} = 7.6\cdot10^{3}V$

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

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

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

13) $V_{1000} = 100V_1$

14) א. $q = -1.5\cdot10^{-7}c$ ב. $V_A = 6.75\cdot10^{3}V$ , $V_B \approx 7.71\cdot10^{3}V$ , $V_C = 0$

ג. $W_{A\to C} = -6.75\cdot10^{-7}J$

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

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

ג. $q_1' = 0$ , $q_2' = Q_1 + Q_2$

**16)** א. $90 \cdot \pi \frac{N}{C} \hat{x}$ ב. $810\pi V$

ג. $270 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N\hat{x} + 101 \cdot \pi \cdot 10^{-9} N\hat{y}$ ד. $-3.375 \cdot 10^{-6} J$

**17)** א. $q(r=b) = -5Q$ , $q(r=c) = 3Q$ ב. $V(b) = V(c) = \frac{3KQ}{c}$

ג. $\frac{5KQ}{a} - \frac{5KQ}{b} + \frac{3KQ}{c}$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 23 - זרם מתח ותנגדות

### תוכן העניינים


1. הזרם החשמלי ..... 196
2. המתח החשמלי וחוק אוהם ..... 198
3. התנגדות ..... 199
4. כאמ ומתח הדקים ..... 201
5. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
6. תרגילים ..... 202

# הזרם החשמלי:

## שאלות:

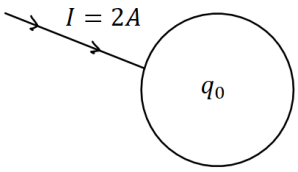
**1) פלאפון מחובר למטען**

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 $q_0 = 5c$.

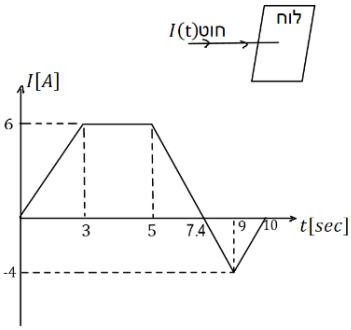
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

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.

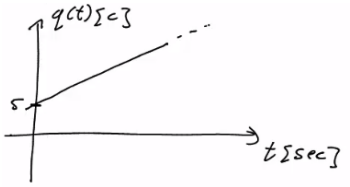
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא: $8.5\cdot10^{22}\frac{1}{cm^3}$.

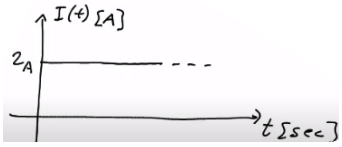
מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

## תשובות סופיות:

1) א. $\Delta q = 3600c$ ב. $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$

2) א. $q(t) = 5 + 2 \cdot t$ ב. ג.




3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$

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

# המתח החשמלי וחוק אוהם:

## שאלות:

**1) חוק אוהם**

על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט.
כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.

א. מהי ההתנגדות של המוליך?

ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה.
מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

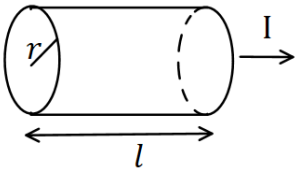
## תשובות סופיות:

**1)** א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

# התנגדות:

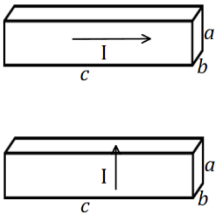
## שאלות:

**1) נגד גלילי**




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

**2) נגד בצורת תיבה**

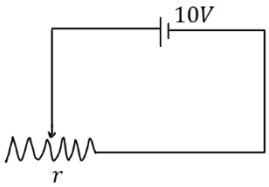



מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן $a,b,c$.
התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית $\rho$ כנתונים.
חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים.
שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

**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 אורך $r = 50\frac{\Omega}{m}$.
מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

## תשובות סופיות:

1) $R = 0.00137\Omega$

2) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$

3) $I = 5A$ ,

4) $x = 10cm$

# כאם ומתח הדקים:

## שאלות:

**1) כאם ומתח הדקים**

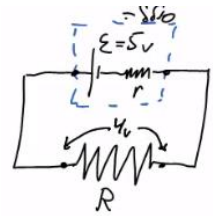
סוללה מייצרת כא"מ של $5V$. לסוללה התנגדות פנימית של $r = 2\Omega$.
מחברים את הסוללה לנגד חיצוני $R$ שהתנגדותו אינה ידועה.
נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל- $I = 0.5A$.

א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.

ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.

ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

## תשובות סופיות:

**1)** א. 


ב. $V = 4V$

ג. $R = 8\Omega$

# תרגילים:

## שאלות:

**1) תרגיל 1**

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

**2) תרגיל 2**

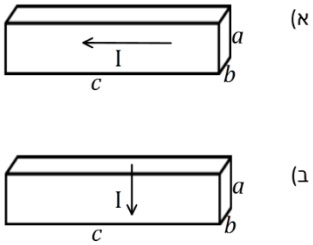
כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זורם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

**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**

תיבה בעלת צלעות: $a = 3mm, b = 2mm, c = 4cm$
עשויה מחומר בעל התנגדות סגולית $\rho = 10^{-8}\Omega\cdot m$ .
מצא את התנגדות התיבה בשני המקרים הבאים:




**5) תרגיל 5**

בנגד גלילי בעל שטח חתך $A = 2mm^2$ זורם זרם של $I = 20mA$ .
צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא: $n = 8.5\cdot 10^{28}\frac{1}{m^3}$ .
מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

**6) תרגיל 6**

נגד בעל שטח חתך $A = 2cm^2$ ואורך $l = 4cm$ 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: $n = 8.5\cdot 10^{28}\frac{1}{m^3}$ ?

7) **תרגיל 7**

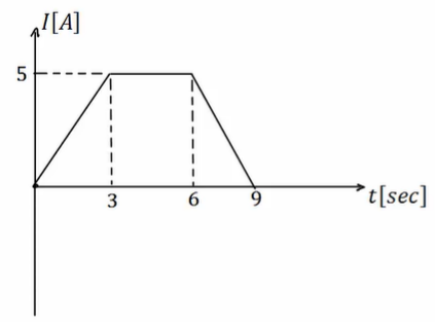
סוללה בעלת מתח $6V$ מחוברת לנגד משתנה.
כאשר אורך הנגד הוא $l = 6cm$ הזרם במעגל הוא $1A$.
מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

8) **תרגיל 8**

סוללה עם כא"מ של $4V$ מחוברת למעגל חשמלי.
במעגל זורם זרם $I = 0.5A$.
ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא $r = 0.5\Omega$.
מהו מתח ההדקים של הסוללה?

9) **תרגיל 9**

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.
כמה מטען עבר במוליך?




## תשובות סופיות:

1) $I = 5A$

2) $N = 1.25 \cdot 10^{19}$

3) $R = 5.51 \cdot 10^{-4}\Omega$

4) א. $R \approx 6.67 \cdot 10^{-5}\Omega$ ב. $R = 3.75 \cdot 10^{-7}\Omega$

5) $v_d = 7.35 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

6) א. $I = 2.5A$ ב. $v_d \approx 9.19 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$

7) $r = 100 \frac{\Omega}{m}$

8) $V = 3.75V$

9) $\Delta q = 30c$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 24 - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

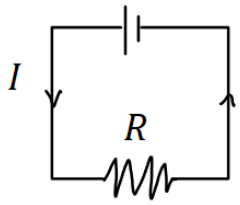
### תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים ..... 204
2. הספק חשמלי ..... 205
3. תרגילים נוספים ..... 207

# עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים:

## שאלות:

**1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד**




בנגד בעל התנגדות $R = 30\Omega$ זורם זרם $I = 0.3A$.

א. כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?

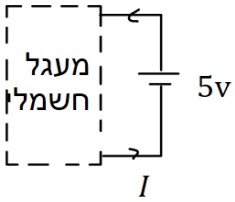
ב. מהו המתח על הנגד?

ג. מהי העבודה שמתבצעת על המטען?

ד. כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?

ה. כמה אנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

**2) חישובי עבודה של סוללה**




סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו.

המתח בסוללה הוא $V = 5\ Volt$

והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא $I = 0.4A$ .

א. כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?

ב. כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

## תשובות סופיות:

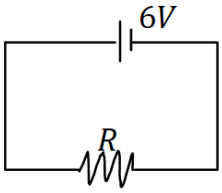
**1)** א. $\Delta q = 0.9c$ ב. $V = 9V$ ג. $W = 8.1J$ ד. $Q = 8.1J$ ה. $W = 8.1J$

**2)** א. $\Delta q = 0.8c$ ב. $W = 4J$

# הספק חשמלי:

## שאלות:

**1) הספק של מקור ושל נגד**

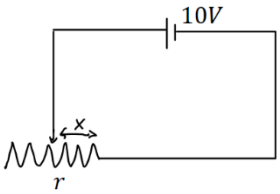



במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו $R = 12\Omega$ .

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 ( 8שעות)?

**5) חום שנוצר בנגד**

בנגד של 10 אוהם זורם 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 ₪.

5) $Q = 600J$

# תרגילים נוספים:

## שאלות:

**1) תרגיל 1**

מקור מתח אידיאלי בעל מתח של 5V מחובר לנגד בעל התנגדות של 10 אוהם.

א. מהו הזרם בנגד?

ב. מהו ההספק בנגד?

ג. כמה חום מיוצר בנגד בעשר שניות?

**2) תרגיל 2**

על נורה רשום 60W/220V.

א. מהי התנגדות הנורה?

ב. מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?

ג. מהו הספק 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:

1) א. $I = 0.5A$ ב. $\rho = 2.5W$ ג. $Q = 25j \ / \ \approx 5.9cal.$

2) א. $R = 807\Omega$ ב. $\Delta q \approx 16.4c$ ג. $\rho \approx 15W$

3) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5$

4) $E = 1.8kWh$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 25 - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

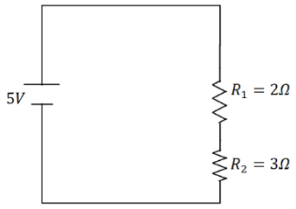
### תוכן העניינים


1. חיבור נגדים במעגל ..... 209
2. חוקי קירכהוף ..... 212
3. תרגילים נוספים ..... 213
4. טעינה ופריקה של קבל ..... (ללא ספר)
5. נצילות במעגל החשמלי ..... 215
6. מקור מתח לא אידיאלי ..... 217

# חיבור נגדים במעגל

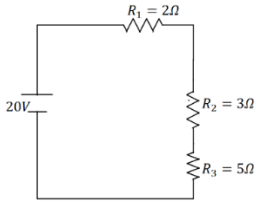
## שאלות

**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**

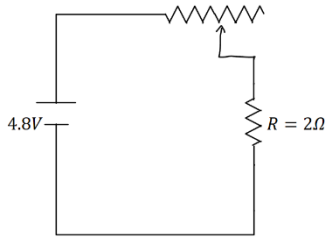
סוללה עם כא"מ של $3V$ והתנגדות פנימית $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד $R = 10\Omega$.

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

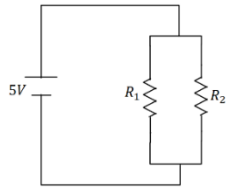
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

**4) דוגמה 4**



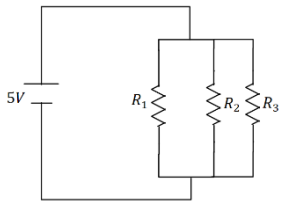

במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.
אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 2\frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

**5) דוגמה 5**



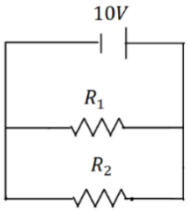

במעגל הבא: $R_1 = 6\Omega$ , $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

**6) דוגמה 6**



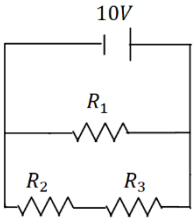

במעגל הבא: $R_1 = 1\Omega$ , $R_2 = 2\Omega$ , $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

**7) דוגמה 7**



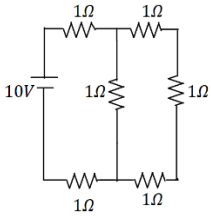

במעגל הבא: $R_1 = 5\Omega$ , $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

**8) דוגמה 8**



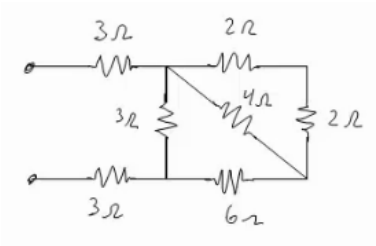

במעגל הבא: $R_1 = 4\Omega$ , $R_2 = 3\Omega$ , $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

**9) דוגמה 9**



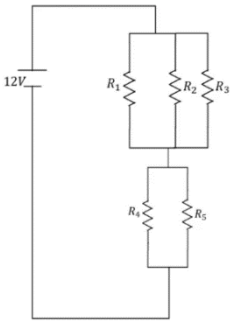

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:

**10) דוגמה 10**




חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.

**11) חישוב הספק מעגל**




נתון המעגל הבא $R_5 = R_4 = 8\Omega$, $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega$.

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.

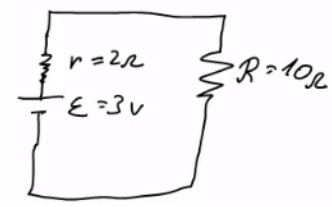
האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

## תשובות סופיות

1) $I = 1A\ ,\ V_3 = 3V$

2) $I = 2A\ ,\ V_1 = 4V\ ,\ V_2 = 6V\ ,\ V_3 = 10V$

3) א. ב. $I = 0.25A$ ג. $V = 2.5V$




4) $I = 2A\ ,V_r = 0.8V\ ,\ V_R = 4V$

5) $I = \frac{10}{3}A\ ,\ V_1 = \frac{5}{6}A\ ,\ V_2 = \frac{5}{2}A$

6) $I = 24.5A\ ,\ I_1 = 14A\ ,\ I_2 = 7A\ ,\ I_3 = 3.5A$

7) $I = 5.33A\ ,\ I_1 = 2A\ ,\ I_2 = \frac{10}{3}A$

8) $I = 5A\ ,\ I_1 = 2.5A\ ,\ I_2 = 2.5A$

9) $I = \frac{40}{11}A\ ,\ I_1 = \frac{10}{11}A\ ,\ I_2 = \frac{30}{11}A$

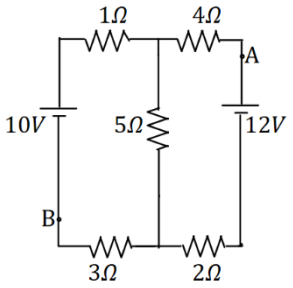
10) $R_T = \frac{66+24}{11}$

11) א. $I_T = 2A,\ I_1 = I_2 = I_3 = \frac{2}{3}A,\ I_4 = I_5 = 1A$ ב. $24w$ ג. יקטן.

# חוקי קירכהוף:

## שאלות:

**1) קירכהוף תרגיל 1**

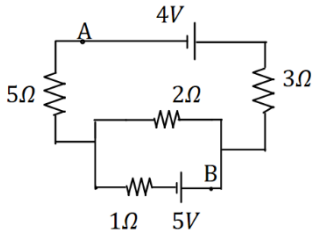



במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את $V_{AB}$ באמצעות שני מסלולים שונים.

**2) קירכהוף תרגיל 2**

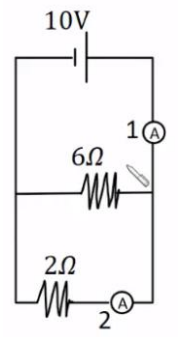



במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את $V_{AB}$.

**3) דוגמה**




מה יראה כל אמפרמטר במעגל הבא בהנחה שהם אידיאליים?

## תשובות סופיות:

1) א. $I_1 = 0.67A$ , $I_2 \approx 1.46A$ , $I_3 \approx 0.79A$ ב. $V_{AB} = 12.49V$

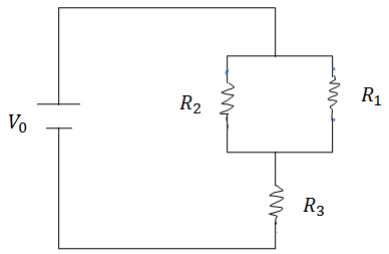
2) א. $I_1 = 0.08A$ , $I_2 \approx 1.69A$ , $I_3 \approx -1.61A$ ב. $V_{AB} = -3.79V$

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.

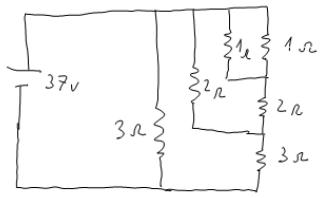
חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

**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.

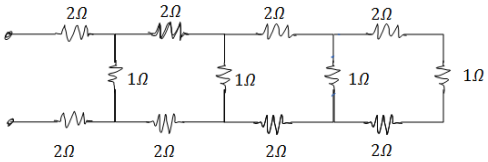
**3) תרגיל 3**

חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

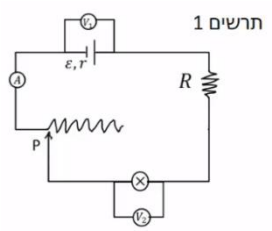


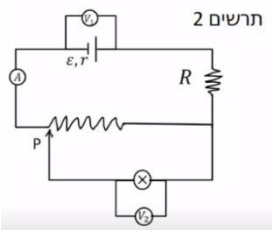

**4) תרגיל 4**

מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל בין שני ההדקים:




**5) תרגיל 5**




במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים $\varepsilon = 5V$ , $R = 2\Omega$, 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.

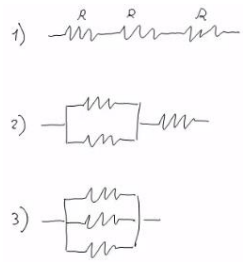
ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.

## תשובות סופיות:

**1)** א. $R_T = \frac{31}{5}\Omega$ ב. $V_3 = 25V$ , $V_{1,2} = 6V$ , $I_1 = 3A$ , $I_2 = 2A$

**2)** $R_{T_1} = 3R$ , $R_{T_2} = \frac{3}{2}R$ , $R_{T_3} = \frac{R}{3}$ ,




**3)** $I_1 = 2A$ , $I_2 = 4A$ , $I_3 = 9A$ , $V_1 = 2V$ , $V_2 = 8V$ , $V_3 = 27V$

**4)** $R_T = \frac{169}{204} + 4$

**5)** א. התנגדות פנימית : $r = 5\Omega$ , התנגדות הנורה : $R = 18\Omega$

ב. $n = 72\%$ ג. תקטן. ד. גדל. ה. ראה סרטון.

# נצילות במעגל החשמלי:

## שאלות:

**1) דוגמה נצילות**

במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה: $V = 5V$ , $R_1 = 3\Omega$ , $R_2 = 5\Omega$

א. מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?

ב. מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?

ג. מהי הנצילות של המעגל?

ד. מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

**2) מנוע של משאבה**

מנוע של משאבה עובד במתח של 220V ובזרם של 10A.

א. מהי כמות המים שניתן לשאוב במשך דקה מבאר בעומק 30m? הנח שהנצילות של המנוע היא 100 אחוז.

ב. 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.

א. מהי המהירות המרבית אליה יכולה להגיע המכונית לאחר 10 שניות? הנח שנצילות המנוע היא 100 אחוז ומצא את התשובה בקמ"ש.

ב. חזור על סעיף א' אם נצילות המנוע היא 30 אחוז.

ג. חזור על סעיף א' וב' ובדוק כמה חום נוצר במשך 10 השניות, ביחידות של קלוריות.

## תשובות סופיות:

1) א. בנורה: $I=1A$ , בסוללה: $I=\frac{8}{3}A$.

ב. בנורה: $\rho=5W$ , בסוללה: $\rho=\frac{40}{3}W$.

ג. $\eta=37.5\%$ ד. $62.5\%$

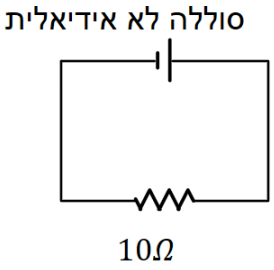
2) א. $V=440Litter$ ב. $V=176Litter$

3) א. $v\approx139\frac{km}{hr}$ ב. $v=76.2\frac{km}{hr}$ ג. $Q=124,333cal.$

# מקור מתח לא אידיאלי:

## שאלות:

**1) דוגמה 1**




המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זורם זרם של 2 אמפר.

א. מהו הכא"מ של הסוללה?

ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

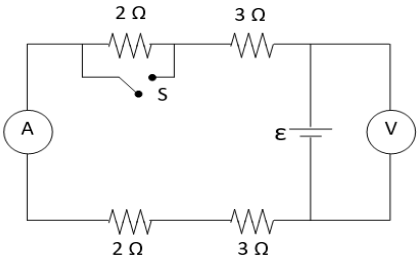
**2) דוגמה 2**

מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של 10 אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא 2 אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של 6 אוהם.
מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל-3 אמפר.

א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.

ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.

**3) מעגל עם סוללה לא אידיאלית**




המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאלים, 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? פרט/י חישוביך!

ג. חשב/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. $r = 21\Omega$ , $\varepsilon = 24V$ 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. $r = 2\Omega$ , $\varepsilon = 18V$

ד. האמפרמטר : $I = 9A$ , הוולטמטר : $V = 0$ .

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 26 - קבלים

### תוכן העניינים

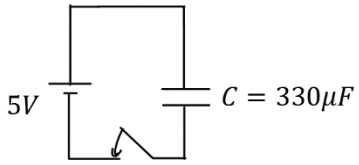
1. הרצאות ותרגילים ..... 219
2. תרגילים נוספים ..... 225

# הרצאות ותרגילים:

## שאלות:

**1) קבל ומקור דוגמה בסיסית**

קבל בעל קיבול $C = 330\mu F$ מחובר לסוללה במתח $V = 5V$. סוגרים את המפסק במעגל ומחכים זמן רב.




א. מה יהיה הזרם במעגל?

ב. מה יהיה המתח בין לוחות הקבל?

ג. מה יהיה המטען על הלוחות? ציין איפה יהיה המטען החיובי ואיפה השלילי.

ד. חזור על הסעיפים במקרה שבו מחובר גם נגד בטור במעגל

**2) מוציאים מטען מהקבל**

קבל טעון במטען של $5\mu c$. מד מתח שמחובר לקבל מראה קריאה של 3 וולט.

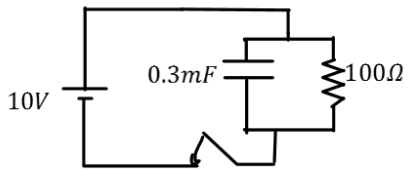
א. מצא את הקיבול של הקבל.

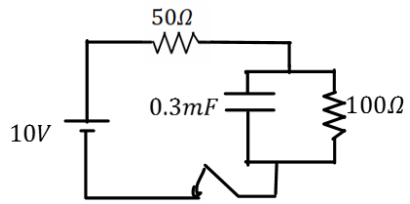
כעת מוציאים $2\mu c$ מהמטען על הקבל (ו- $-2\mu c$ מהצד השלילי).

ב. מה יראה מד המתח?

**3) קבל במקביל לנגד**

במעגל הבא סוגרים את המפסק ומחכים זמן רב.




א. מצא את המתח והמטען על הקבל .

ב. האם יזרום זרם במעגל?
אם כן, מצא את גודלו וכיוונו.

ג. חזור על הסעיפים עבור המקרה בו יש נגד נוסף במערכת (ראה תרשים).

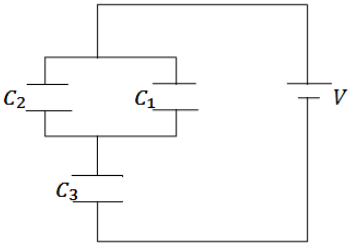
**4) חישוב קיבול של קבל לוחות**

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $2cm^2$ ומרחק בין הלוחות $0.3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

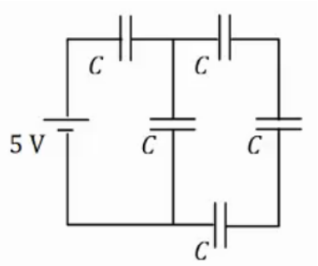
ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב)?

**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 $3cm^3$ ומרחק בין הלוחות $0.4mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל

ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב).

כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.

ג. מצא את הקיבול החדש.

ד. מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.

ה. חזור על סעיפים ג' ו-ד', אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

**8) אנרגיה של קבל לוחות**

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $5cm^2$ ומרחק בין הלוחות $2mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 4 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

**9) מקרבים את הלוחות**

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח $6cm^2$ ומרחק בין הלוחות $3mm$.

א. חשב את הקיבול של הקבל.

מחברים את הקבל לסוללה במתח 5 וולט.

ב. מהי האנרגיה האגורה בקבל לאחר זמן רב?

מקרבים את לוחות הקבל למרחק $1mm$.

ג. מצא את האנרגיה החדשה אם הקבל מחובר לסוללה במשך כל התהליך. רשום גם את שינוי האנרגיה בקבל.

ד. חזור על ג' עבור המקרה שבו מנתקים את הקבל מהסוללה לפני שמקרבים את הלוחות.

**10) מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים**

קבל בעל קיבול של $5\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.2$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

ג. חשב את השינוי במטען ובאנרגיה בעקבות הכנסת החומר.

ד. חזור על סעיף ב' אם מנתקים את הקבל מהמקור לפני שמכניסים את החומר הדיאלקטרי.

**11) מכניסים ומוציאים חומר מקבל**

קבל בעל קיבול של $8\mu F$ מחובר למקור מתח של $12V$.

א. חשב את המטען, המתח והאנרגיה האגורה בקבל זמן רב לאחר החיבור למקור.

מכניסים לקבל חומר דיאלקטרי בעל מקדם דיאלקטרי $\varepsilon_r = 1.4$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

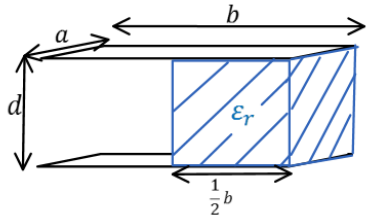
ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

כעת מנתקים את הקבל מהמקור ומוציאים את החומר הדיאלקטרי.

ג. מה יהיה המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב?

ד. 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. $a = 3\text{cm}$ , $b = 4\text{cm}$ , $d = 2\text{mm}$ .

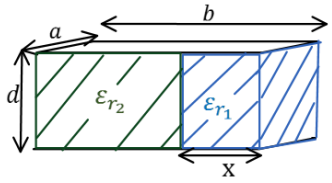
א. מצא את הקיבול של הקבל.

ממלאים את חציו הימיני של הקבל בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$ .
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**13) קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל**

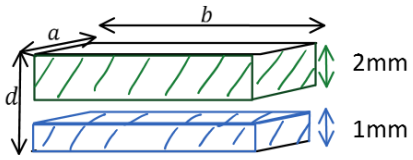



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$ ,
ומרחק d בין הלוחות. $a = 5\text{cm}$ , $b = 6\text{cm}$ , $d = 1\text{mm}$ .
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1\text{cm}$ בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$ , ואת החלק הנותר בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$ .
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 1mm ולכל הרוחב בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$ .
את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

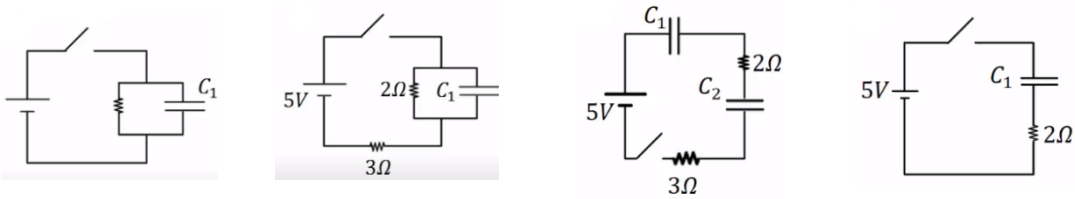
א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5V$ .
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

**15) מציאת זרם במספר מעגלים**

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.




**16) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב**

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

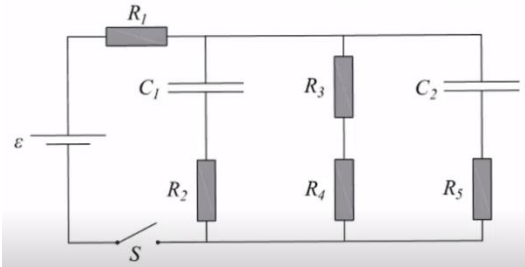
$R_1 = 4\Omega$ , $R_2 = 3\Omega$ , $R_3 = 2\Omega$ , $R_4 = 1\Omega$ , $R_5 = 6\Omega$ , $\varepsilon = 24V$ , $C_1 = 2\mu F$ , $C_2 = 4\mu F$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

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:

1) א. $I=0$ ב. $|V_c|=5V$ ג. $1.65mc$ ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu F$ ב. $1.8V$

3) א. $V_c=V_0=10V,\ Q=3mc$ ב. $I=0.1A$

ג. $I=0.067A\ ,\ V_c=6.7\ ,\ Q=2.01mc$

4) א. $C\approx 5.9\cdot 10^{-12}F$ ב. $Q=17.7pC$

5) $q_1=3\mu C\ ,\ q_2=4.5\mu C\ ,\ q_3=7.5\mu C$

6) א. $C_T=114\mu F\ ,\ C_{T_2}=\frac{4C}{3}\ ,\ C_{T_1}=\frac{C}{3}$

ב. $q_1=q_T=571\mu c\ ,\ q_2=q_3=q_4=q_{T_1}=143\mu c$

$V_1=2.86V\ ,\ V_5=2.14V\ ,\ V_2=V_3=V_4=0.715V$

7) א. $C=6.64pF$ ב. $Q=19.9pc$ ג. $C'=3.32pF$ ד. $Q'=19.9pc\ ,V'=6V$

ה. (ג) $C'=3.32pF$ (ד) $V'=3V\ ,\ Q'=9.96pc$

8) א. $C=2.21pF$ ב. $U_c=17.68\cdot 10^{-12}J$

9) א. $C=1.77pF$ ב. $U_c=22.13pJ$ ג. $U_c'=66.375\ ,\ \Delta U=44.245pJ$

ד. $U_c'\approx 7.38pJ\ ,\ \Delta U=-14.76pJ$

10) א. $V_c=12V\ ,\ Q=60\mu c\ ,\ U_c=3.6\cdot 10^{-4}J$ ב. $C'=6\mu F\ ,\ U_c'=432\mu J\ ,\ Q'=72\mu c$

ג. $\Delta Q=12\mu c\ ,\ \Delta U=72\mu J$ ד. $V'=10V\ ,\ U_c=300\mu J$

11) א. $V_c=12V\ ,\ Q=96\mu F\ ,\ U_c=576\mu J$ ב. $V_c'=12V\ ,\ Q'=134.4\mu F\ ,\ U_c'=806.4\mu J$

ג. $V_c''=16.8V\ ,\ Q''=134.4\mu F\ ,\ U_c''\approx 1129\mu J$

ד. במעבר מסעיף א' ל-ב': $\Delta U=230.4\mu J$, במעבר מסעיף ב' ל-ג': $\Delta U\approx 323\mu J$

12) א. $C=5.31pF$ ב. $C_T=10.62pF$ ג. $U_c=132.75pJ$

13) א. $C_T=61.95pF$ ב. $Q=309.75pc\ ,\ U_c=1548.75pJ$

14) א. $C_T 11.8pF$ ב. $q=59\cdot 10^{-9}c\ ,\ U_c=1.475\cdot 10^{-7}J$

15) א. $I(t=0)=2.5A$ ב. $I=1A$ ג. $I=\frac{5}{3}A$ ד. $I(t=0)=\infty$

16) א. $I_T=I_1\approx 4.62A\ ,\ I_2\approx 1.85A\ ,\ I_{3,4}=1.85A\ ,\ I_5\approx 0.92A$

ב. $I_{1,3,4}=3.43A\ ,\ I_{2,5}=0$ ג. $q_1\approx 20.58\cdot 10^{-6}C\ ,\ q_2\approx 41.16\cdot 10^{-6}C$

# תרגילים נוספים:

## שאלות:

### תרגילים ברמה א':

**1) תרגיל 1 - מציאת מטען**

מה המטען המצטבר על קבל של $C = 30\mu F$ לאחר זמן רב,
אם נחבר אותו למתח של $10V$?

**2) תרגיל 2 - קבל לוחות**

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = 4cm^2$ , שביניהם מרחק של $d = 1mm$.

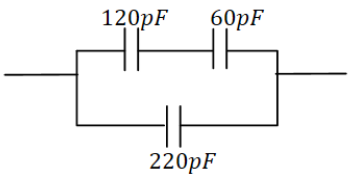
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\varepsilon_r = 2.5$?

ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.

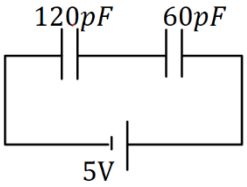
**3) תרגיל 3 - חיבור קבלים**

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.

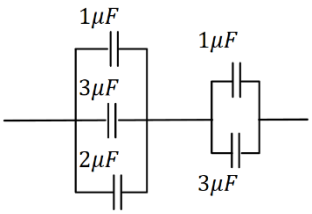



**5) תרגיל 5 - חיבור קבלים**

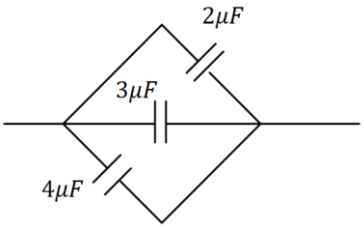
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

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 $10V$.



**6) תרגיל 6 - יהלום**

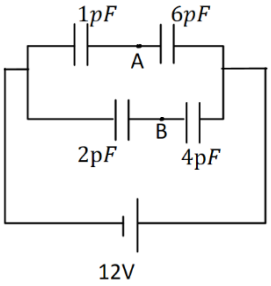



נתונה מערכת הקבלים הבאה:

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**

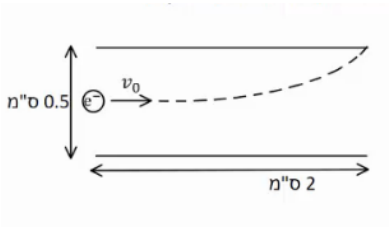



במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה:

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).

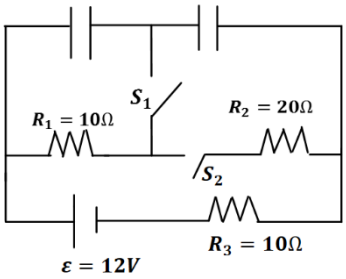
האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

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?

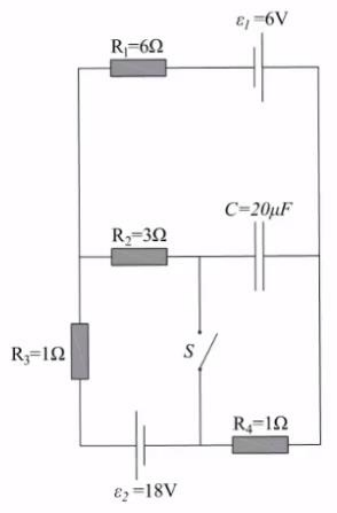
**10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים**

שני קבלים, האחד של $10\mu F$ והשני של $15\mu F$, חוברו בנפרד למקורות מתח של $6V$ ו-$8V$, 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 שוני סימן 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?

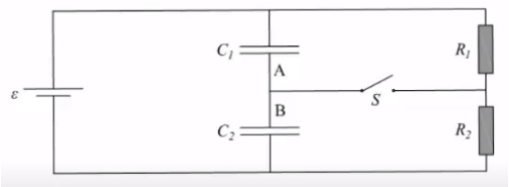
ג. מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח?

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 $0.02m^2$. המרחק בין לוחות קבל $C_1$ הוא $1mm$ והמרחק בין לוחות קבל $C_2$ הוא $3mm$.

א. חשבו את הקיבול של כל אחד מהקבלים.

חיברו את שני הקבלים למעגל הנתון בשרטוט.

נתון: $R_1 = 5\Omega$ , $R_2 = 10\Omega$ , $\varepsilon = 12$ V.

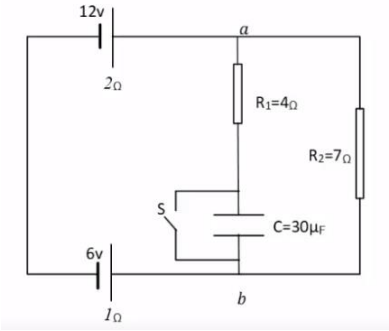
פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים כאשר המספר S פתוח?

ג. כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים?

ד. מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?

**13) תרגיל 5 - מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)**




נתון המעגל החשמלי שבאיור, לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור.
כאשר המפסק סגור.

א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

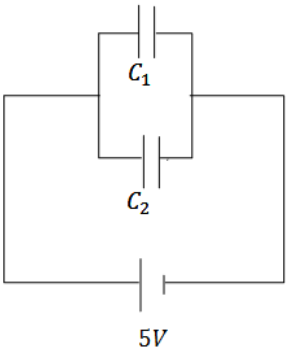
ב. מהו המתח בין הנקודות $a$ ו- $b$?

כעת פותחים את המפסק ומחכים זמן רב.

ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) שעוברים בנגדים?

ד. מהו המטען על לוחות הקבל, וכמה אנרגיה אגורה בו?

**14) תרגיל 6 - שני קבלים טעונים מחוברים לקבל שלישי**




במעגל הבא קיבול הקבלים הוא: $C_1 = 3\mu F$ , $C_2 = 2\mu F$,
והמתח בסוללה הוא $5V$.
לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור
ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu F$.
מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש,
לאחר שהמערכת מתייצבת.

**15) תרגיל 7 - מרחיקים לוחות בקבל לוחות**

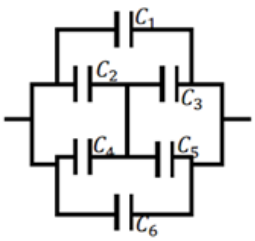
קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2cm$ ומרחק בין הלוחות $d = 1mm$, נטען ע"י סוללה במתח $3V$. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק $3d$.

א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.

ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.

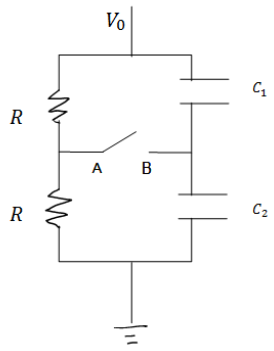
ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.

**16) תרגיל 8 - חיבור קונפיגורציית קבלים**




נתונה מערכת קבלים המחוברים על פי השרטוט.
מצא את הקיבול השקול של המערכת.

**17) תרגיל 9 - קבלים עם מפסק**




במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון $V_0$ הקצה התחתון מוארק.

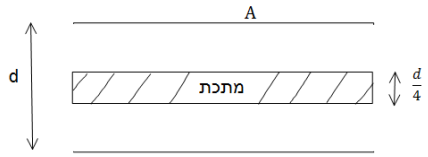
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזהה של הנגדים.

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 $\left(d \ll \sqrt{A}\right)$.

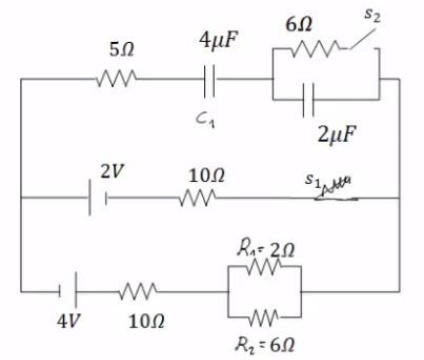



א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

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**



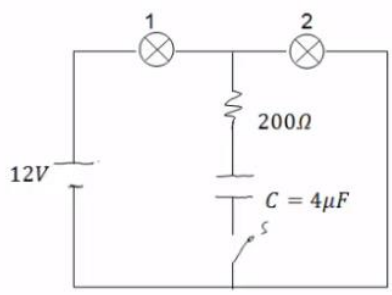

חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

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 $200\Omega$.

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:

1) $Q = 0.3mF$

2) א. $C = 3.54pF$ ב. $C' = 8.85pF$ ג. $Q_A = 17.7pc$ , $Q_B = 44.25pc$

3) $C_T = 260pF$

4) $Q_1 = Q_2 = 200pc$ , $V_{C_1} = 1.67V$ , $V_{C_2} = 3.33V$

5) א. $C_T = 2.4\mu F$

ב. $V_{4,5} = 6V$ , $V_{1,2,3} = 4V$ , $Q_1 = 4\mu C$ , $Q_2 = 12\mu C$ , $Q_3 = 8\mu C$ , $Q_4 = 6\mu C$ , $Q_5 = 18\mu C$

6) א. $C_T = 9\mu F$ ב. $V_T = 10V$ , $Q_1 = 20\mu C$ , $Q_2 = 30\mu C$ , $Q_3 = 40\mu C$

7) א. $Q_{1,2} = 10.29\mu C$ , $Q_{3,4} = 16\mu C$ , $V_1 = 10.29V$ , $V_2 = 1.71V$ , $V_3 = 8V$ , $V_4 = 4V$

ב. $V_{AB} = -2.28V$

8) א. $\vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{N}{C} \hat{y}$ ב. $V \approx 35.5V$

9) א. $Q_1 = Q_2 = 24\mu C$ , $V_1 = 8V$ , $V_2 = 4V$ ב. $V_{C_2} = 0$ , $V_{C_1} = 12V$ , $Q_1 = 36\mu C$

ג. $Q_{1,2} = 18\mu C$ , $V_1 = 6V$ , $V_2 = 3V$

ד. $V_{C_1} = 6V$ , $Q_{C_1} = 18\mu C$ , $V_{C_2} = 3V$ , $Q_2 = 18\mu C$

10) א. $q_2 = 108\mu C$ , $q_1 = 72\mu C$ , $V_1 = V_2 = 10.8V$ ב. $q_2 = 36\mu C$ , $q_1 = 24\mu C$ , $V_1 = V_2 = 2.4V$

11) א. $I = 3A$ ב. $q_C = 240\mu C$ ג. $|V_S| = 15V$

ד. $I_1 = 2.52A$ , $I_2 = -3.87A$ , $I_3 = 6.39A$ ה. $q = 40.4\mu C$

12) א. $C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10} F$ , $C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10} F$ ב. $I = 0.8A$ ג. $I = 0.8A$

ד. $q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10} C$ , $q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10} C$

13) א. $I_1 = 0.689A$ , $I_2 = 0.393A$ ב. $V_{ab} = 2.756V$

ג. כלפי מטה, $I_1 = 0$ , $I = 0.6A$ ד. $q = 1.26 \cdot 10^{-4} C$

14) $q'_3 = 12.5\mu C$ , $V'_3 = 2.5V$ , $U = 15.625J$

15) א. $V' = 9V$ ב. $U_{c_i} = 15.93 \cdot 10^{-12} J$ , $U_{c_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} J$

ג. $|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} J$

16) $C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5}$

17) א. $V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2}$ ב. $\Delta q = \frac{V_0}{2}(C_2 - C_1)$ , $q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}$ , $q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}$

**18)** א. $q = CV = \frac{\varepsilon_0 A}{d}V$ , $E = \frac{V}{d}$ , $U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 A}{d}V$

ב. $q_1 = q_2 = \frac{4\varepsilon_0 AV}{3d}$ , $E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}$ , $U = \frac{1}{2}C_T V^2 = \frac{2\varepsilon_0 A}{3d}V^2$

ג. $E_1 = E_2 = \frac{V}{d}$ , $U = \frac{3\varepsilon_0 AV^2}{8d}$

**19)** א. $16\mu F$ ב. $\frac{12}{43}A$ ג. $\frac{136}{129}\mu C$

**20)** א. $R_1 = 200\Omega$ , $R_2 = 250\Omega$ , $V_1 = 5.34V$ , $V_2 = 6.68V$ , $P_1 = 0.143W$, $P_2 = 0.178W$

ב. $V_C = 6.68V$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 27 - הכוח המגנטי (חוק לורנץ)

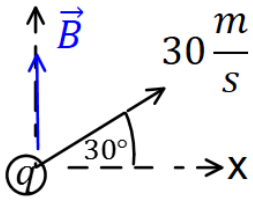
### תוכן העניינים


1. הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה ..... 232
2. יישומים של הכוח המגנטי ..... (ללא ספר)
3. כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים ..... 234
4. סיכום ..... (ללא ספר)
5. תרגילים נוספים ..... 236

# הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה:

## שאלות:

**1) דוגמה 1**




מטען $q=2c$ נע במהירות $v=30\frac{m}{sec}$ בכיוון 30 מעלות ביחס לציר ה- $x$ החיובי.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד $\vec{B}=4T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

**2) דוגמה 2**

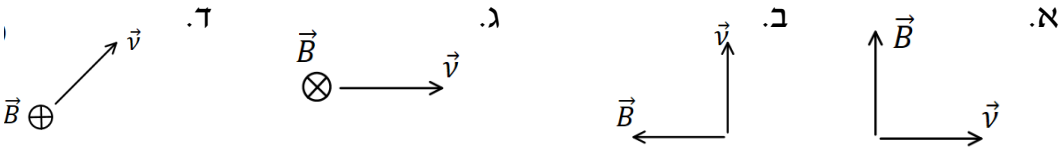
מטען $q=3c$ נע במהירות $\vec{v}=2\frac{m}{sec}\hat{x}+4\frac{m}{sec}\hat{y}$.

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד $\vec{B}=5T\,\hat{y}$.

מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

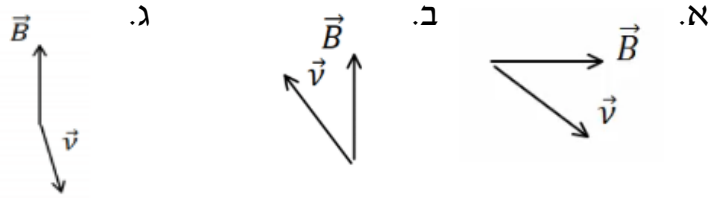
**3) דוגמה 3**

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

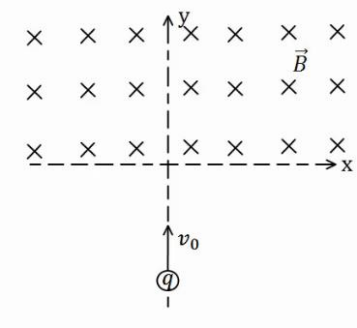



**4) דוגמה 4**

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:



**5) דוגמה 5**




מטען $q=4c$ נע מ- $y=-\infty$ לאורך הכיוון החיובי של ציר ה- $y$. בכל התחום $y>0$ קיים שדה מגנטי אחיד $B=5T$ לתוך הדף.
מסת המטען היא $m=10gr$ ומהירותו היא $v_0=20\frac{m}{sec}$.

א. שרטט את תנועת המטען.

ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

## תשובות סופיות:

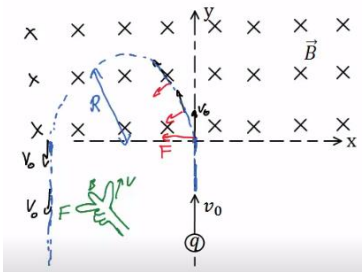
1) $F_B \approx 207.8N$

2) $F_B = 30N$

3) א. $\vec{F}\odot$ ב. $\vec{F}\odot$ ג. $\vec{F}\uparrow$ ד. $\vec{F}\nwarrow$

4) א. $\vec{F}\odot$ ב. $\vec{F}\otimes$ ג. $\vec{F}\odot$

5) א.

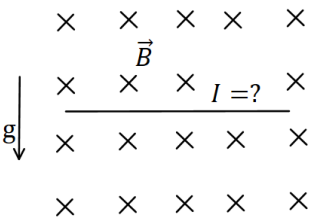



ב. $x=-2cm\,,\,y=0$

# כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים:

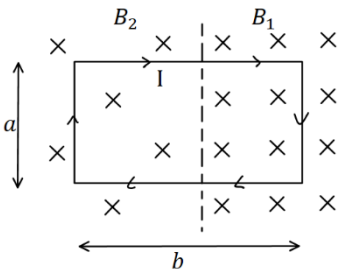
## שאלות:

**1) דוגמה 7**



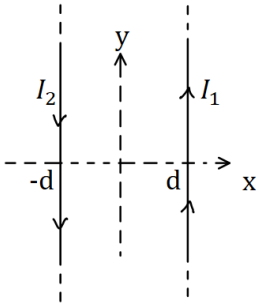

תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד $B=10^{-2}T$ לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא $\lambda=20\frac{gr}{cm}$.
מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

**2) דוגמה 8**




מסגרת מלבנית בעל צלעות $a,b$ נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף.
גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד.
המסגרת מונחת כך, שחלק מהמסגרת נמצא בשדה $B_1=4T$, והחלק השני נמצא בשדה $B_2=3T$.
במסגרת זורם זרם $I=2A$ עם כיוון השעון.
מצא את הכוח השקול הפועל על המסגרת $(a=0.5m)$.

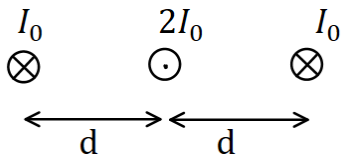
**3) דוגמה 9**




תיל ארוך מאוד מונח במקביל לציר ה- $y$ וב- $x=d$.
בתיל זורם זרם $I_1=1A$ בכיוון.
תיל ארוך נוסף מונח גם כן במקביל לציר ה- $y$ וב- $x=d$.
הזרם בתיל זה הוא $I_2=2A$ בכיוון הפוך לציר ה- $y$.
מהו הכוח ליחידת אורך על כל תיל, אם $d=20cm$?

**4) דוגמה 10**

שלושה תיילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור.
המרחקים בין התיילים קבועים ושווים ל- d.
הזרם בתיל האמצעי הוא $2I_0$ החוצה מהדף,
והזרם בתיילים האחרים הוא $I_0$ לתוך הדף.
מהו הכוח על כל תיל?



## תשובות סופיות:

1) כיוון: ימינה , גודל: $I = 2\cdot 10^3 A$.

2) $\sum F = 1N$, ימינה.

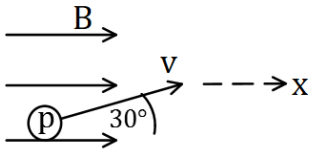
3) $F_1 = 10^{-6}\hat{x}$ , $F_2 = -10^{-6}\hat{x}$

4) $\sum F_1 = \frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}$ , $\sum F_2 = 0$ , $\sum F_3 = -\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d}\hat{x}$

# תרגילים נוספים:

## שאלות:

**1) תרגיל 1**




פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $10T$ בכיוון ציר ה-$x$. מהירות הפרוטון היא $10^6\frac{m}{sec}$ וכיוונה בזווית 30 מעלות ביחס לשדה.

א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון?

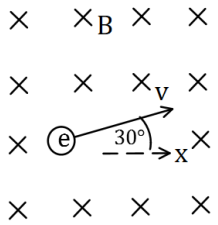
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

נתון: $q_p=1.6\cdot10^{-19}c$ , $m_p=1.67\cdot10^{-27}kg$

**2) תרגיל 2**

אלקטרון נמצא בשדה מגנטי אחיד שגודלו $5T$ וכיוונו לתוך הדף.

לאלקטרון מהירות $v_0=10^5\frac{m}{sec}$ בכיוון 30 מעלות ביחס לציר ה-$x$.

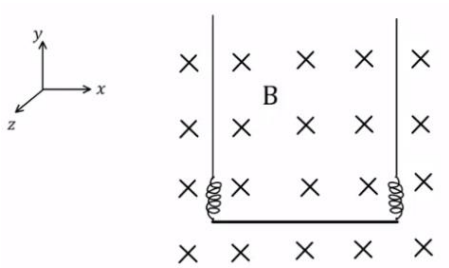



א. מהו הכוח הפועל על האלקטרון ברגע זה (גודל וכיוון)?

ב. צייר את תנועת האלקטרון בשדה.
מהו רדיוס הסיבוב?

נתון: $q_e=-1.6\cdot10^{-19}c$ , $m_e=9.1\cdot10^{-31}kg$

**3) תיל תלוי על שני קפיצים-ביולוגיה תא**

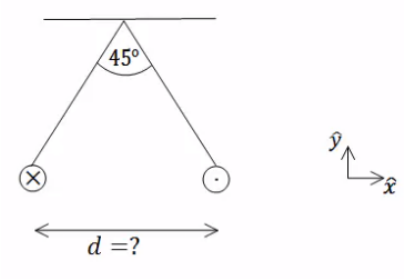



תחל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר $x$ על ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף.
אורך התיל המוליך הוא $0.4m$ ומסתו היא $0.03kg$. גודל השדה המגנטי הוא $B=0.2T$
וקבוע הקפיץ הוא $k=10\frac{N}{m}$ , ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?

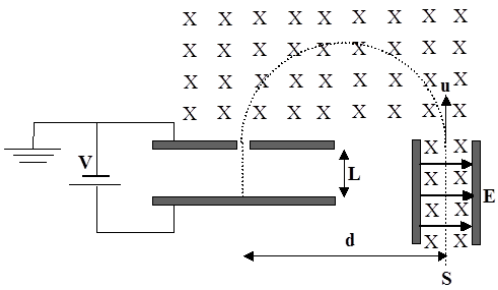
ב. בכמה יתארכו הקפיצים אם יהפכו את הזרם בתיל? תזכורת: גודל הכוח שמפעיל קפיץ הוא $F=k\Delta l$ כאשר $\Delta l$ היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.

**4) שני תילים תלויים**




שני תילים ארוכים מאוד תלויים מהתקרה באמצעות חוטים באורך זהה ולא ידוע.
בתילים זורם זרם של 100 אמפר בכיוונים מנוגדים.
הזווית בין החוטים היא 45 מעלות ומסתם ליחידת אורך היא $\mu = 2\frac{gr}{m}$.
מצא את המרחק בין התילים.

**5) בורר מהירויות ומתח עצירה**




חלקיקים, בעלי מטען $+q$ ומסה $m$, נפלטים ממקור $S$ במהירויות שונות ונכנסים אל בין לוחות קבל.
בין לוחות הקבל פועלים שדה חשמלי אחיד $\vec{E}$ שכיוונו ימינה, ושדה מגנטי אחיד $\vec{B}$ המכוון אל תוך הדף, כמו בתרשים.
השדה המגנטי פועל על החלקיקים גם לאחר יציאתם מהקבל.
במרחק $d$ מנקודת היציאה של החלקיקים מהקבל נמצא נקב קטן, דרכו נכנסים החלקיקים אל תוך הקבל השני, אשר בין לוחותיו לא פועל שדה מגנטי.
על הקבל השני מופעל מתח עצירה $V$. ידוע כי המרחק בין לוחות הקבל השני הינו $L$. ניתן להזניח את כוח הכובד הפועל על חלקיקים.
נתונים: $\vec{B}, \vec{E}, m, q, L$.

א. באיזו מהירות $u$ יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?
ב. מהו המרחק $d$ (ראה ציור)?
ג. תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?
ד. מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר $V$, המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?
ה. מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'.
תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

## תשובות סופיות:

1) א. $F=8\cdot10^{-13}N$ , כיוון: לתוך הדף. ב. $a=4.79\cdot10^{14}\frac{m}{sec^2}$

2) א. $F=8\cdot10^{-11}N$ , כיוון $60°$ מתחת לציר ה- $x$ . ב. $R=1.14\cdot10^{-7}m$

3) א. $I=3.75A$ , כיוון: חיובי של ציר $x$ . ב. $\Delta l=0.03m$

4) $d=0.241m$

5) א. $u=\frac{E}{B}$ ב. $d=\frac{2mE}{qB^2}$ ג. $t=\frac{\pi}{qB}m$ ד. $V=\frac{mE^2}{2qB^2}$ ה. $t=\frac{BL}{E}$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 28 - השדה המגנטי

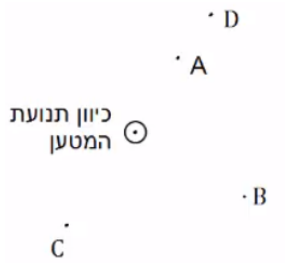
### תוכן העניינים

1. הסברים ודוגמאות ..... 239
2. סיכום ותרגילים נוספים ..... 241

## הסברים ודוגמאות:

### שאלות:

**1) דוגמה 1**

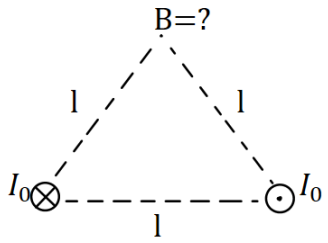



מטען נע מהדף אלינו.
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A , B , C , D.

**2) דוגמה 2**

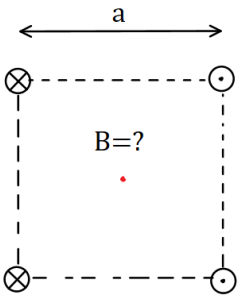
מטען נע במישור הדף כלפי מעלה.
מה כיוון השדה המגנטי שיוצר המטען משני הצדדים של הקו עליו נע המטען?

**3) דוגמה 3 - שדה בפינת משולש**



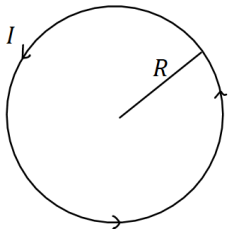

במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים הנושאים זרם $I_0 = 2A$.
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 20_{c.m}$.
התיילים מונחים במקביל כך שבאחד הזרם נכנס לתוך הדף ובשני הזרם יוצא מן הדף.
חשב את השדה המגנטי בקודקוד השלישי של המשולש (גודל וכיוון).

**4) דוגמה 4 - שדה במרכז ריבוע**



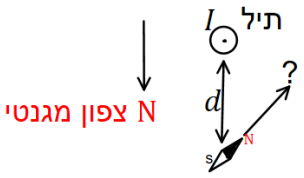

במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע $a = 10_{c.m}$.
גודל הזרם בכל התיילים זהה ושווה ל-$I = 3A$.
כיוון הזרם מתואר באיור.
מהו השדה המגנטי במרכז הריבוע?

**5) דוגמה 5 - שדה במרכז טבעת**




מצא את גודל וכיוון השדה המגנטי במרכז הטבעת שבאיור.
רדיוס הטבעת הוא $R = 5c.m$ והזרם בה הוא $I = 0.2A$ בכיוון השעון.

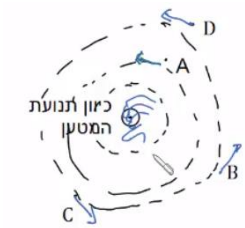
**6) דוגמה 6 - שדה של תיל וכדה"א**




תיל ארוך מונח במאונך לפני כדור הארץ
ונושא זרם $I = 5A$ במרחק $d = 5c.m$.
מהתיל לכיוון הצפון המגנטי של כדור הארץ נמצא מצפן,
המוחזק אופקית לכדור הארץ.
מצא את הכיוון אליו תצביע המחט.
(רכיב השדה המגנטי המקביל לפני כדה"א הוא: $B_t = 2.9\cdot10^{-5}T$).

## תשובות סופיות:

**1)**




**2)** מצד ימין השדה נכנס, מצד שמאל השדה יוצא.

**3)** $\vec{B} = -2\cdot10^{-6}\hat{y}$

**4)** $\vec{B} = -24.24\cdot10^{-6}T\,\hat{y}$

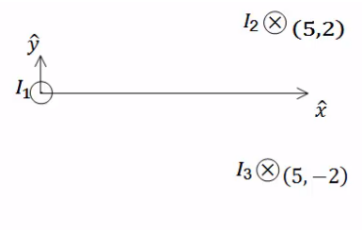
**5)** $B = 8\pi\cdot10^{-7}T$

**6)** $\theta \approx 55.4°$

# סיכום ותרגילים נוספים:

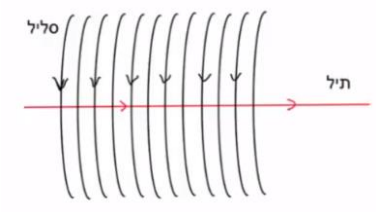
## שאלות:

**1) שדה של שלושה תילים אינסופיים**




שלושה תילים אינסופיים המקבילים לציר ה- $z$
מונחים במיקומים הבאים: $\vec{r}_1(0,0)$ , $\vec{r}_2(5,2)$ , $\vec{r}_3(5,-2)$ .
הזרמים בתילים הם: $I_1 = 3A$ החוצה מהדף, $I_2 = 5A$
לתוך הדף, $I_3 = 4A$ גם כן לתוך הדף.
מצא באיזה נקודה לאורך ציר ה- $x$ מתאפס
הרכיב של השדה המגנטי בכיוון $y$ ?

**2) תיל בתוך סליל**




סליל ארוך מאוד מונח כך שהציר המרכזי שלו
לאורך ציר $z$ . צפיפות הליפופים בסליל היא 15
ליפופים לס"מ והזרם בו הוא $2.5mA$ .
מניחים תיל ארוך מאוד בתוך הסליל ולאורך
הציר המרכזי. הזרם בתיל הוא $0.8A$ .
כיווני הזרמים מתוארים בתרשים.

א. מהו המרחק הרדיאלי מהציר בו השדה המגנטי שנוצר יהיה בזווית 30 מעלות עם ציר ה- $z$ ?

ב. מהו גודלו של השדה בנקודה זו?

## תשובות סופיות:

**1)** $x_1 = -2.76$ , $x_2 = 5.26$

**2)** א. $r = 5.9c.m.$ ב. $B_T \approx 5.4 \cdot 10^{-6} T$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 29 - חוק אמפר

### תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 242

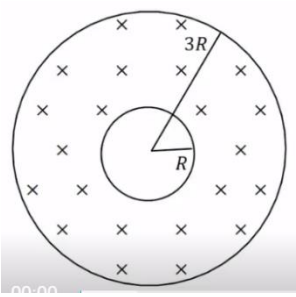
# הסבר ותרגילים:

## שאלות:

**1) שדה בתוך מעטפת גלילית עבה**

נתונה מעטפת גלילית עבה ואינסופית בעלת רדיוס פנימי R ורדיוס חיצוני 3R.

במעטפת זורם זרם I בהתפלגות (צפיפות) אחידה לתוך הדף.




א. מצא את השדה המגנטי במרחק 2R ממרכז הקליפה.

ב. מוסיפים תיל אינסופי במרכז המעטפת, מה צריך להיות הזרם בתיל (גודל וכיוון) כך שהשדה ב-2R יתאפס?

ג. מה השדה במרחק 5R של המערכת (גליל + תיל שחישבת בסעיף הקודם)?

## תשובות סופיות:

**1)** א. $B=\frac{3\mu I}{32\pi R}$ ב. $I'=\frac{3}{8}I$ , החוצה מהדף. ג. $B=\frac{\mu I}{16\pi R}$

# קורס קדם במכניקה 140001

## פרק 30 - אופטיקה

### תוכן העניינים

1. מבוא לאופטיקה..... 243

# מבוא לאופטיקה:

## רקע:

**חוק סנל:** $n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$

**נוסחת העדשות:** $\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$

**הגדלה קווית:** $m=\frac{H_i}{H_o}=\frac{|v|}{|u|}$

**עוצמת העדשה:** $C=\frac{1}{f}$

## שאלות:

**1) תרגול אור במרחב**

מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק 4m מהמסך.

במרחק 1m ממקור האור מציבים מחסום בגובה 1.5m.

א. שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.

ב. מצא את גודלו של הצל על הקיר:

i. בעזרת שרטוט.

ii. בעזרת חישוב.

ג. היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה 2.5m?

ד. מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של 1m מתחת למקור הראשון. מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

**2) תרגול אור במרחב 2**

מהירות האור בריק היא: $C=3\cdot10^8\frac{m}{sec}$.

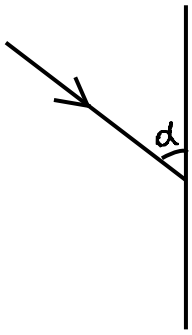
א. היעזר בדף הנוסחאות, ומצא תוך כמה זמן מגיעה קרן אור שמוחזרת מהירח – אל כדור הארץ.

ב. מצא תוך כמה זמן מגיעה קרן היוצאת מהשמש אל כדור הארץ.

ג. אם אני מדליק פנס עכשיו, וחבר נמצא במרחק 3m ממני, תוך כמה זמן יגיע אליו האור מהפנס, מרגע שהדלקתי אותו?

ד. שנת אור מוגדרת כמרחק שאור עובר בשנה.
מצאו מהי שנת אור בעזרת הגדרה זו.

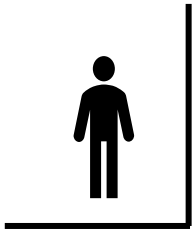
**3) החזרה תרגיל 1**




נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.
הזווית $\alpha$ בשרטוט שווה $76°$.

א. מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?
ב. מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך, את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.
ג. מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.
ד. מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה. האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

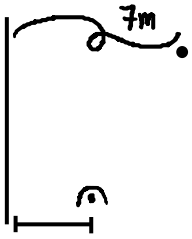
**4) החזרה תרגיל 2**



נתון התרשים הבא, בו נער בגובה $1.7m$ עומד לפני מראה.

א. שרטט קרן אור היוצאת מידו הימנית של הנער, פוגעת במראה וחוזרת לעיניו (הקרן מייצגת את הקרן/ הקרניים, שבזכותן הנער רואה את ידו במראה).
ב. שרטט (הכי מדויק שאפשר), את דמות הנער במראה.
ג. מציבים מאחורי המראה מסך סגול. האם עדיין יראה הנער את דמותו?
ד. מה הגובה המינימאלי של המראה שיש להציב, כדי שדמות הנער תתקבל במלואה?
ה. מרחיקים את המראה למרחק כפול מגוף הנער.כיצד תשתנה תשובתך לסעיף ד'?

**5) החזרה תרגיל 3**




מציבים מטבע מול מראה, במרחק $7m$ ממנה, כמתואר בתרשים.
אדם שנמצא במורד התרשים רואה את המטבע בזווית $30°$,
ביחס לקו המקביל למראה, ואת דמותו של המטבע בזווית $50°$.
חשב את מרחקו של האדם מהמראה.

**6) תרגול חוק סנל 1**

קרן לייזר מתקדמת במים $(h_{water}=1.33)$, ופוגעת במשטח זכוכית $(h_{glass}=1.5)$.
חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.
הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא $60°$.

א. חשבו את זווית השבירה.
ב. שרטטו את המקרה הנ"ל.

**7) תרגול חוק סנל 2**

תלמיד שלח קרני אור בזוויות שונות מאוויר לעבר חומר שקוף בעל מקדם שבירה לא ידוע, ומדד את זוויות הפגיעה והשבירה המתאימה לה לזוויות פגיעה שונות. תוצאות המדידות בטבלה שלפניך:

| $\theta_1$ | $\theta_2$ |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 10 | 7.33 |
| 20 | 14.57 |
| 30 | 21.57 |
| 40 | 28.21 |
| 50 | 34.28 |
| 60 | 39.55 |
| 70 | 43.71 |
| 80 | 46.40 |

א. האם גרף $\theta_2(\theta_1)$ מצופה שיצא לינארי?

ב. הגדר משתנים עבורם כן תצפה לקבל גרף לינארי.

ג. שרטט גרף לינארי זה.

ד. מצא, בעזרת הגרף, את מקדם השבירה של החומר השקוף הלא ידוע.

**8) החזרה גמורה תרגיל 1**

קרן אור מתקדמת בזכוכית $(n=1.5)$, ופוגעת בגבול בין זכוכית זו ובין מים $(n=1.33)$, בזוויות:

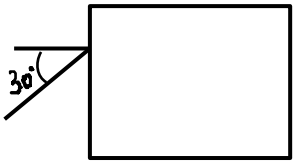
א. $\theta_1 = 0°$

ב. $\theta_7 = 30°$

ג. $\theta_2 = 70°$

שרטט את המשך מהלך הקרן, לאחר הפגיעה, בכל אחד משלושת המקרים.

**9) החזרה גמורה תרגיל 2**




נתון מלבן מפרספקס $n=1.5$, כמתואר בתרשים.
קרן אור, המגיעה משמאל, פוגעת בפרספקס בזווית פגיעה של $30°$.
השלם את מהלך הקרן בתוך הפרספקס.

**10) עדשה מרכזת - תרגיל 1**

נתונה עדשה מרכזת בעלת מוקד $f = 8cm$.

נתון עצם, בגובה $H_0 = 4cm$ המונח במרחק $12cm$ מהעדשה.

א. מצא בעזרת שרטוט את:

i. מיקום הדמות הנוצרת.

ii. גובה הדמות.
iii. ההגדלה הקווית.

ב. מצא בעזרת חישובים את:
i. מיקום הדמות.
ii. גובה הדמות.

ג. מצא מה אופי הדמות.

ד. שרטט שתי קרניים היוצאות ממרכז העצם, פוגעות בעדשה וממשיכות לצדה השני.

**11) עדשה מרכזת - תרגיל 2**

לעדשה מרכזת מרחק מוקד של $11cm$.

מציבים עצם, שגובהו $5cm$, במרחק $4cm$ מעדשה זו.

א. מצא בעזרת שרטוט את:
i. מרחק הדמות מהעדשה.
ii. גובה הדמות.
iii. ההגדלה הקווית.

ב. מצא בעזרת חישוב מספרי את:
i. מרחק הדמות מהעדשה.
ii. גובה הדמות.

השווה תשובותיך לסעיף ב, עם אלה של סעיף א.

ג. מניחים מסך במיקום הדמות.
האם ניתן לראות את הדמות על המסך?

ד. מניחים וילון שחור על המחצית העליונה של העדשה (מכסים אותה).
האם ניתן לראות את הדמות?

ה. מסירים ווילון זה. ומניחים אותו בין העצם ודמותו.
האם עכשיו ניתן לראות את דמות העצם?

**12) עדשה מפזרת – תרגיל 1**

נתונה עדשה שעוצמתה $C = 10D$.

לפני העדשה, במרחק $u = 8cm$, מניחים עצם שגובהו $H_0 = 4cm$.

א. מצא בעזרת חישוב את:
i. מיקום הדמות.
ii. גובהה.
iii. אופי הדמות.

ב. מצא בעזרת שרטוט את:
i. מיקום הדמות.
ii. גובהה.

ג. מהיכן ניתן לראות את הקצה העליון של דמות העצם (שדה ראייה)?

**13) בגרות 2017 שאלה 6**

רמי ישב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אבל ממקום מושבו של רמי לא היה אפשר לראות את המטבע כשהבריכה ריקה.
התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו). מקדם השבירה של המים הוא: $n = 1.33$.

א. הגדר את תופעת השבירה של האור, וציין את סיבתה.

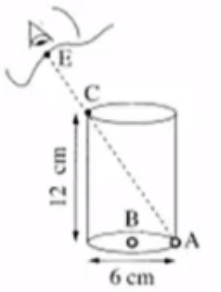
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים. לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

נתון: קרן היוצאת מן המטבע ומגיעה לעין של רמי עוברת בתוך המים מרחק $d = 0.61m$.
זווית השבירה של קרן זו היא: $\beta = 13.6°$.

ג. חשב את עומק המים.

**14) בגרות 2016 שאלה 7**

בתרשים שלפניך מוצב כלי ריק שצורתו גליל. גובה הכלי 12cm וקוטרו 6cm.
בתחתית הכלי מונחים שני חרוזים קטנים מאוד: חרוז A צמוד לדופן הכלי וחרוז B במרכז התחתית של הכלי.




תלמיד הביט אל תוך הכלי בכיוון EC (הנקודה C נמצאת על שפת הכלי).
כאשר הכלי היה ריק התלמיד ראה את חרוז A בלבד. מילאו את הכלי עד שפתו בנוזל שקוף. התלמיד הסתכל באותו כיוון וראה את חרוז B בלבד.

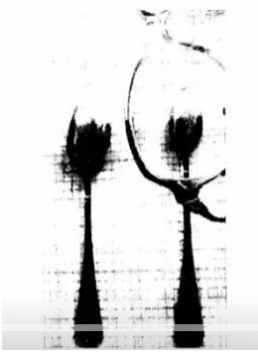
א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה ($\alpha$) ואת זווית השבירה ($\beta$) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

ב. חשב את מקדם השבירה של הנוזל.

ג. קבע אם חרוז B נראה לתלמיד בעומק האמיתי שהוא היה בו, גבוה יותר או נמוך יותר. נמק את קביעתך באמצעות סרטוט תרשים נוסף של הכלי ומהלך הקרניים.

**15) בגרות 2016 שאלה 6**

תלמידה רצתה לבדוק את סוג העדשות במשקפיים של דודתה.
לשם כך הניחה התלמידה שתי כפיות זהות על השולחן, והניחה עדשה של המשקפיים מעל אחת הכפיות.
בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה.



א. בכל אחת מן האפשרויות i-iii שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:
   i. ישרה או הפוכה.
   ii. ממשית או מדומה.
   iii. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות סרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.
נתון: רוחק מוקד העדשה: $|f| = 12cm$, מרחק העצם מהעדשה $6cm$, גובה העצם $3cm$.
בסרטוט השתמש בקנה מידה של 1 משבצת=1 ס"מ.

ד. חשב באמצעות נוסחאות את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.
האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בסרטוט?

**16) בגרות 2015 שאלה 7**

ילד הלובש חולצה שעליה מודפסת האות F עומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).

א. מהי התופעה הפיזיקאלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1 מטר, והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה: $v = 0.5\frac{m}{sec}$.
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5 מטר.

ג. לפניך ארבע צורות I-IV של האות F. העתק למחברתך את המספר של צורת הדמות של האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.

**17) בגרות 2014 שאלה 6**

יאיר ישב במכונית ורצה לעיין במפה שבידיו (זה היה לפני עידן ה-G.P.S).
בחוץ שרר חושך, ולכן יאיר הדליק נורה בתוך המכונית.

א. כדי שיראה היטב את המפה, האם על יאיר לכוון את אלומת האור מן הנורה לעבר עיניו או לעבר המפה? נמק.

לאחר שיאיר הדליק את הנורה הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון.

ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

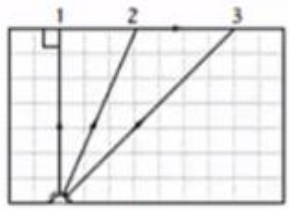
יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. בתוך קרון הרכבת דלק אור, ומחוץ לרכבת שרר חושך. יאיר הבחין בשתי דמויות שלו המשתקפות בחלון הרכבת. חלון הרכבת מורכב משני לוחות זכוכית מקבילים וביניהם מרווח שבו שכבת אוויר.
אפשר להזניח את העובי של לוחות הזכוכית.

ג. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

**18) בגרות 2014 שאלה 7**

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה) העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר. בתרשים 1 מוצג חתך של המנסרה המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, וכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים 1, 2, 3, שמקורן במקור האור.



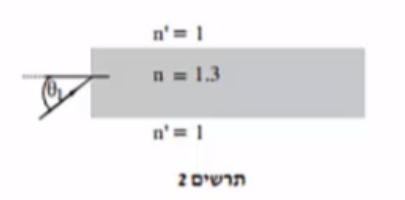
תרשים 1

זווית השבירה של קרן 2 היא $90°$ בקירוב.

א. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקוליך.

ב. על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית) למעבר אור מן החומר השקוף לאוויר.

אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסדי אנרגיה. בתרשים 2 מתואר חתך של סיב אופטי העשוי מחומר שקוף שמקדם השבירה שלו: $n = 1.3$, וקרן אור נכנסת לתוכו מן האוויר בזווית פגיעה $\theta_1$.

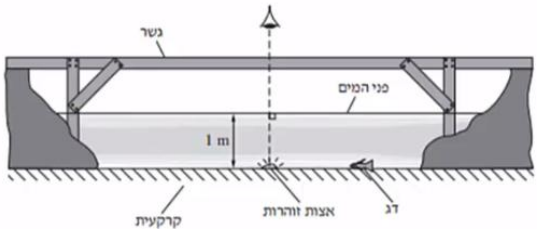


תרשים 2

ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה $\theta_1$ צריכה להיות קטנה מ- $57°$ כדי למנוע דליפת (יציאת) אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

**19) בגרות 2013 תרגיל 1**

בגן חיות יש בריכה ובה דגים ויצורי מים מיוחדים. מושבה של אצות זוהרות (פולטות אור) נחה על קרקעית הבריכה, בעומק של 1 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה ביחס לאוויר הוא: $n = 1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר שממנו המבקרים יכולים לצפות בבריכה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.




א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים. הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.

ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.

ג. אדם הניצב על הגשר בדיוק מעל מושבת האצות רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו. הסבר מדוע.

ד. דג השוחה על קרקעית הבריכה, בעומק 1 מטר, רואה את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות מפני המים.
חשב את המרחק (האופקי) המינימלי בין הדג לבין מושבת האצות, שהוא יכול לראות בו את השתקפות האצות באמצעות קרני אור המוחזרות בהחזרה מלאה.

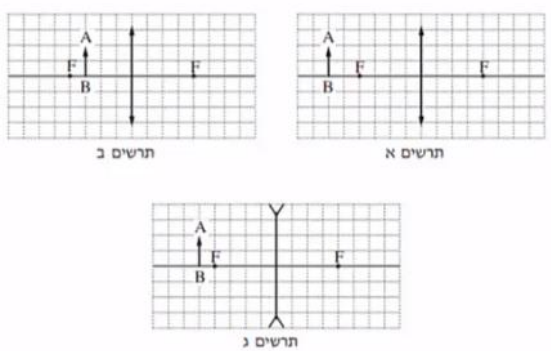
ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

**20) בגרות 2013 שאלה 6**

אדם המרכיב משקפיים עם עדשות מרכזות זהות רואה בעזרתם את הדמות המדומה של עצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה", בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

ב. בתרשימים א'-ג' שלפניך החץ AB מייצג את העצם.
קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.




ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטריות. מהו רוחק המוקד של העדשה?

ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm . חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

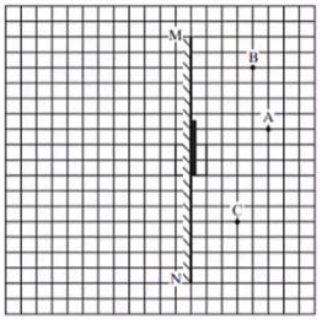
**21) בגרות 2012 שאלה 1**

עצם ניצב לפני משטח מישורי.

א. מה צריך להתקיים כדי שתיווצר דמות של העצם על ידי המשטח?

ב. כאשר נוצרת דמות של העצם על ידי המשטח, איזה תנאי חייב להתקיים כדי שצופה המתבונן במשטח יראה בו את הדמות של העצם?

באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN המכוסה במרכזה בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C). הנקודות A, B, C נמצאות על אותו מישור.




העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך.

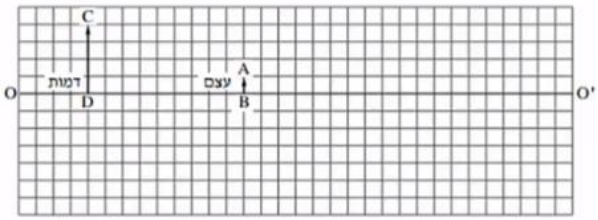
ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.

ד. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס״מ במציאות. חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.

ה. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין של צופה B. האם צופה B המביט אל עבר המראה רואה בה את דמות העין של צופה C? הסבר.

**22) בגרות 2011 שאלה 1**

בתרשים שלפניך הקטע 'OO מסמן ציר אופטי של עדשה דקה (העדשה אינה מוצגת בתרשים). הקטע AB מסמן עצם, והקטע CD מסמן את הדמות של העצם הנוצרת בעזרת העדשה. הצלע של כל משבצת בתרשים – 1 ס״מ.




א. מדוע הדמות המתוארת בתרשים יכולה להיווצר רק בעזרת עדשה מרכזת?

העתק למחברתך את התרשים כך שכל משבצת בתרשים תיוצג על ידי משבצת במחברתך. השתמש בתרשים שסרטטת כדי לענות על סעיפים ב׳-ג׳.

ב. מצא, בעזרת סרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

i. סרטוט של מהלך קרני האור.

ii. חישוב.

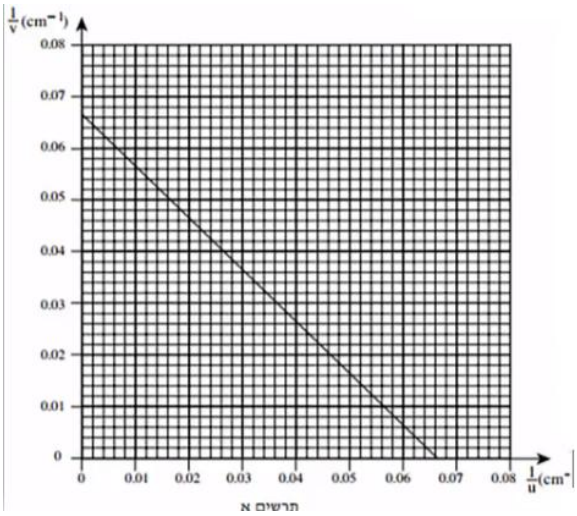
ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים $u_1$, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו $u_1$.

ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים $u_2$, הגדול מ-$u_1$, נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים. מצא את $u_2$.

**23) בגרות 2009 שאלה 1**

ברק הציב מקור אור במרחקים שונים מעדשה דו-קמורה דקה. בכל פעם הוא מדד את המרחק של מקור האור מן העדשה (u), ואת המרחק של המסך שעליו התקבלה דמות חדה של מקור האור מן העדשה (v). לאחר מכן הוא חישב את ערכי $\frac{1}{u}$ ו-$\frac{1}{v}$, ועל פי ערכים אלה סרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות $cm^{-1}$) כפונקציה של $\frac{1}{u}$ (ביחידות $cm^{-1}$).

הגרף מוצג בתרשים א'.



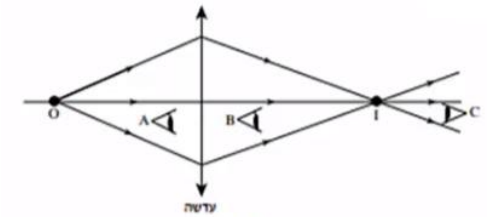
תרשים א

א. הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.

ב. מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.

ג. כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.

ד. בתרשים ב' שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



תרשים ב

האם אפשר לראות את הדמות I גם ללא מסך?

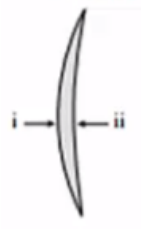
אם כן – באיזו מהנקודות A, B או C צריכה להימצא העין (על פי כיווני ההסתכלות שלה המתוארים בתרשים) כדי לראות את הדמות I?

אם לא – היעזר בתרשים ב', והסבר מדוע אי-אפשר לראות את הדמות ללא מסך.

ה. בתרשים ג' שלפניך מתואר חתך של עדשה קמורה-קעורה דקה עשויה מזכוכית. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:

במקרה i אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.

במקרה ii אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.



תרשים ג

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים i-iv שלפניך:

i. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.

ii. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.

iii. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.

iv. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

**24) בגרות 2007 שאלה 2**

על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא).
עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא: $f = 30cm$, ומסך.
מקור האור, העדשה והמסך מקבילים זה לזה.
שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.

א. חשב את המרחק של מקור האור מן העדשה.

ב. פי כמה גדול שטח הדמות מהשטח של מקור האור? נמק.

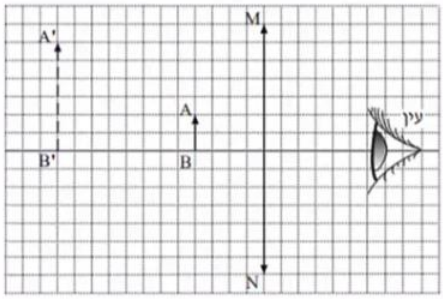
ג. מציבים את מקור האור במרחק 160cm מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

האיור שלפניך הוא העתק של תצלום שבו מראה מישורית המונחת על לוח עץ, ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.

ד. מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ שבו פוגעת אלומת האור נראה מואר?

**25) בגרות 2004 שאלה 1**

בתרשים א' מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת, MN, הציר האופטי שלה, בול דואר,AB, הדמות של הבול, A'B' , הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול.
אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



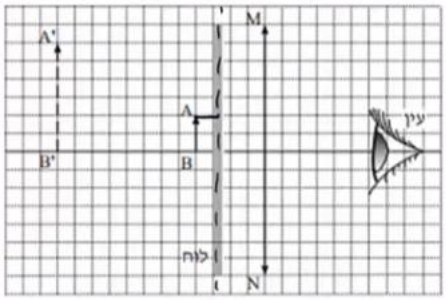
תרשים א

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מצא את אורך מוקד העדשה.

ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

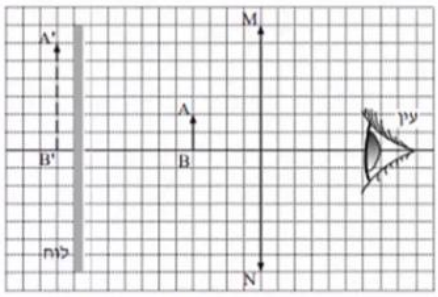
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



תרשים ב

ב. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

את הלוח האטום לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג'.



תרשים ג

ג. האם במצב זה יוכל הצופה לראות את הבול? נמק.

ד. מסלקים את הלוח האטום. הבול, העדשה והעין נשארים במקומם. הצופה מתבונן בבול דרך העדשה (ראה תרשים א'), ואחר כך הוא מסלק את העדשה ומתבונן בבול.
באיזה משני המצבים (עם העדשה או בלי העדשה) הבול נראה לצופה גדול יותר?
הסבר את תשובתך במונחים של זוויות ראייה.

ה. העתק למחברתך את תרשים א'. (כל משבצת בתרשים תהיה משבצת במחברת).
סרטט קרן, המופצת מראש הבול (A), עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן שסרטטת.

## תשובות סופיות:

1) א. ראה סרטון. ב.i. 6m ii. 6m ג. 2.4m
ד. ראה סרטון.

2) א. $t = 1.28\,\text{sec}$ ב. $t \cong 8\frac{1}{3}\,\text{min}$ ג. $t = 10^{-9}$ ד. $9.47 \cdot 10^{15}\,\text{m}$

3) ראה סרטון.

4) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. כן. ד. 0.85m
ה. ללא שינוי.

5) 2.43m

6) א. $26.3°$ ב. ראה סרטון.

7) א. לא. ב. $\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin\theta_1$ ג. ראה סרטון.
ד. 1.353.

8) ראה סרטון.

9) ראה סרטון.

10) א. ראה סרטון. ב.i. $V = 24\text{cm}$ ii. $H_i = 8\text{cm}$
ג. הפוכה, מוגדלת, ממשית. ד. ראה סרטון.

11) א. ראה סרטון. ב.i. $V \approx 6.5\text{cm}$ ii. $H_i \approx 7.95\text{cm}$
ג. לא. ד. כן. ה. כן.

12) א.i. $V = -4.4\text{cm}$ ii. $H_i = 2.2\text{cm}$ iii. מדומה, מוקטנת, ישרה.
ב. ראה סרטון. ג. ראה סרטון.

13) א. ראה סרטון. ב. ראה סרטון. ג. $h = 0.6\text{m}$.

14) א. ראה סרטון. ב. 1.85. ג. נמוך יותר.

15) א.i. ישרה. ii. מדומה. iii. מוקטנת. ב. מפזרת.
ג. ראה סרטון. ד. $H_i = 2\text{cm}$ , $V = \Theta 4\text{cm}$ , כן.

16) א. החזרה מסודרת, מתקבלת דמות במפגש הקרניים המוחזרות.
ב. 1.5sec. ג. IV.

17) א. לעבר המפה. ב. ראה סרטון. ג. כל משטח מתפקד כמראה עצמאית.
ד. דמות 1.

18) א. ראה סרטון. ב. $\theta_c = 23.2°$ ג. ראה סרטון.

19) א. ראה סרטון. ב. $r = 1.14\text{m}$ ג. ראה סרטון.
ד. $x = 2.28\text{m}$. ה. ראה סרטון.

20) א. דמות ממשית – מתקבלת במפגש המשכי הקרניים הממשיות.
דמות מדומה – מתקבלת בנקודת מפגש המשכי הקרניים המדומות.
ב. תרשים ב'. ג. 50cm. ד. $u = 27.3\text{cm}$

**21)** א. 1. קרניים שיצאו מהסוף, 2. ההחזרה מהמשטח תהיה מסודרת.
ב. הצופה יימצא בשדה בראייה של הדמות. ג. כן. ד. $2m$
ה. לא.

**22)** א. הדמות לא יכולה להיווצר בעדשה מפזרת. ב. ראה סרטון.
ג. $4cm$. ד. $u > f$ ה. $u_2 = 8cm$.

**23)** א. ראה סרטון. ב. $15.1cm$ ג. ראה סרטון.
ד. כן. ה. $i$.

**24)** א. $u = 45cm$. ב. פי 4. ג. $u_1 = 120cm$ , $u_2 = 40cm$.
ד. ראה סרטון.

**25)** א.i. $f = 30cm$ ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.