יסודות הפיזיקה 20125

תוכן העניינים

1. הקדמה מתמטית לקורס 1
2. מבוא 7
3. יחידה 1 - קינמטיקה - תנועה בקו ישר 15
4. יחידה 1 - וקטורים 38
5. יחידה 1 - נפילה חופשית וזריקה אנכית 59
6. יחידה 1 - תנועה יחסית 67
7. יחידה 1 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה 69
8. יחידה 2 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון) 71
9. יחידה 2 - כוח ציפה 105
10. יחידה 3 - עבודה ואנרגיה 106
11. יחידה 3 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל 123
12. יחידה 4 - מתקף ותנע 130
13. יחידה 4 - תנועה מעגלית 144
14. יחידה 4 - תנועה הרמונית 156
15. יחידה 5 - גלים 170
16. יחידה 6 - אופטיקה 182
17. יחידה 1 (ב) - מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)
18. יחידה 1 (ב) - הכוח החשמלי- חוק קולון 198
19. יחידה 1 (ב) - השדה החשמלי 202
20. יחידה 1 (ב) - חוק גאוס 206
21. יחידה 1 (ב) - תנועה בשדה חשמלי אחיד 209
22. יחידה 1 (ב) - מוליכים 211
23. יחידה 1 (ב) - חומרים דיאלקטריים 214

תוכן העניינים

24. יחידה 1 (ב) - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית 217

25. יחידה 2 (ב) - זרם מתח ותנגדות 233

26. יחידה 2 (ב) - אנרגיה והספק במעגל החשמלי 241

27. יחידה 2 (ב) - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף 246

28. יחידה 2 (ב) - קבלים 254

29. יחידה 3 (ב) - השדה המגנטי 271

30. יחידה 3 (ב) - הכוח המגנטי (חוק לורנץ) 274

31. יחידה 3 (ב) - חוק פארדיי 281

32. יחידה 3 (ב) - מעגלי זרם חילופין 284

33. יחידה 4 (ב) - האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר 294

34. יחידה 5 (ב) - האפקט הפוטואלקטרי 299

35. יחידה 5 (ב) - יחסות פרטית 302

36. יחידה 6 (ב) - גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות 321

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 1 - הקדמה מתמטית לקורס

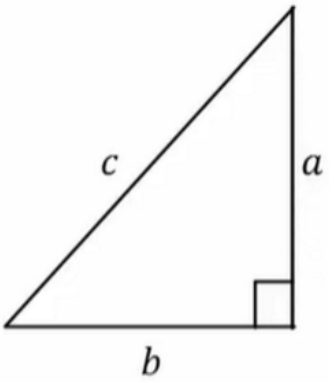
תוכן העניינים

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

פונקציות טריגונומטריות:

רקע

במשולש ישר זווית:



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

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

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

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

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

משפט פיתגורס:

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

זהויות:

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

ערכים ששווה לזכור:

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

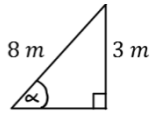
$\tan\alpha$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	לא מוגדר

שאלות:

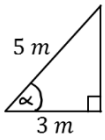
1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:

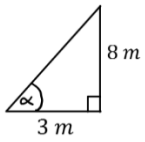
א.



ב.



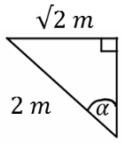
ג.



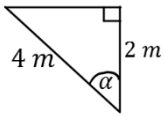
2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפה במקרים הבאים:

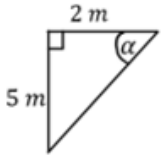
א.



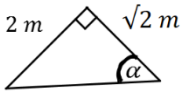
ב.



ג.



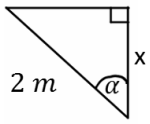
ד.



3) מציאת ניצבים

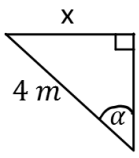
חשב את x במקרים הבאים:

א.



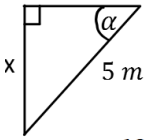
$\alpha = 30^0$

ב.



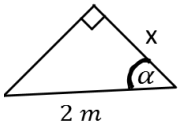
$\alpha = 45^0$

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 α היא הזווית של הישר עם ציר ה- x.

מכפלת השיפועים של שני ישרים מאונכים היא 1-.

מרחק בין שתי נקודות:

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

שאלות:

1) משוואת הישר משתי נקודות

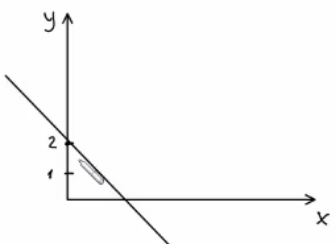
א. מצא את משוואת הקו הישר העובר דרך שתי הנקודות: $(-1,3),(4,-2)$.

ב. שרטט איור עבור הקו על גבי מערכת צירים.

תשובות סופיות:

1) א. $y = -x + 2$

ב.



הפרבולה:

רקע:

משוואת הפרבולה:

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

נוסחת השורשים:

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

שאלות:

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

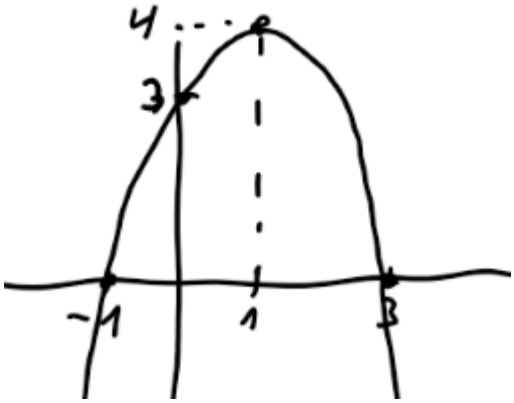
א. מצאו את נקודות החיתוך עם הצירים ואת נקודת הקודקוד של הפרבולה.

ב. קבעו האם הפרבולה מחייכת או עצובה, ושרטטו איור מקורב של הפרבולה לפי הנתונים שקיבלתם.

תשובות סופיות:

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

ב. עצובה.



יסודות הפיזיקה 20125

פרק 2 - מבוא

תוכן העניינים

1. מעברים בין יחידות 7
2. יחידות פיזיקאליות 9
3. צפיפות 10
4. צורת כתיבה ורמת דיוק ..... (ללא ספר)
5. הערכת סדרי גודל 12
6. תרגילים 13

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: 1קוב $=1000liter=1000m^3$

שנת אור היא המרחק שהאור עושה בשנה $1lightyear=9.4608\cdot10^{15}m$

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. $5\cdot 10^{-6} liter$

יחידות פיזיקאליות:

רקע

חוקי חזקות:

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

שאלות:

1) תרגיל

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

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. $4m^2$

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- $v = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

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

2) צפיפות אטום המימן

חשב פי כמה גדולה צפיפות הפרוטון מצפיפות אטום המימן המורכב מפרוטון ואלקטרון בלבד. מסת הפרוטון: $1.67 \cdot 10^{-27} kg$, מסת האלקטרון: $9.11 \cdot 10^{-31} kg$, קוטר הפרוטון: $3 \cdot 10^{-15} m$, 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: $1.74 \cdot 10^6 m$, 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. $2\cdot10^{16}\,\mathrm{m}$ ב. $t=2000$

2) $3.71\cdot10^{13}$

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

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

5) 750,000

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 3 - יחידה 1 - 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

<u>תנועה בקו ישר</u> - תנועה על ציר אחד.

כאשר מגדירים ציר, צריך:

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

<u>העתק</u>- השינוי במיקום הגוף

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

העתק שלילי - תנועה בכיוון הפוך לכיוון החיובי של הציר

<u>דרך</u> - 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 במהירות קבועה:

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

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

גרף המהירות במקרה של מהירות קבועה הוא קו ישר אופקי.

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

השטח **החיובי** מתחת לגרף המהירות הוא הדרך

שאלות:

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

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

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

א. מהו מיקומו של הגוף ברגעים: $t=2\text{sec}$ ו- $t=8\text{sec}$ ביחס לנקודה A?

ב. כעבור כמה זמן חלף הגוף במרחק 200 מטר מהנקודה A?

4) גוף חולף דרך שתי נקודות

גוף נע במהירות קבועה לאורך קו ישר, ברגע $t=2\text{sec}$ מיקומו הוא $x=2\text{m}$, וברגע $t=6\text{sec}$ הוא חולף בנקודה ששיעורה $x=10\text{m}$.

א. מהי מהירות הגוף?

ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t=0$?

ג. מצא את הנוסחה עבור מיקום הגוף כפונקציה של הזמן.

ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?

ה. כמה העתק ביצע הגוף מהרגע שבו $t=0$ עד לרגע שבו $t=10\text{sec}$?

5) גוף נע שמאלה

גוף נע בקו ישר במהירות קבועה שגודלה $6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$. ברגע $t=0$ מיקום הגוף הוא: $x=50\text{m}$.

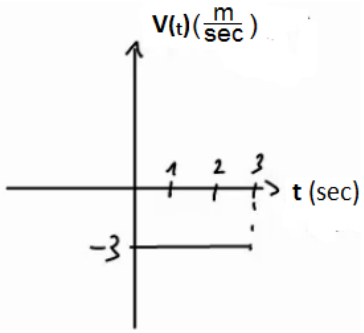
בחר את כיוון ציר ה- x ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.

א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?

ב. היכן נמצא הגוף ב- $t=2\text{sec}$ וב- $t=3\text{sec}$?

ג. מתי יהיה הגוף במרחק $x=20\text{m}$ מהראשית ומתי יהיה במרחק של $x=-10\text{m}$?

6) מהירות שלילית



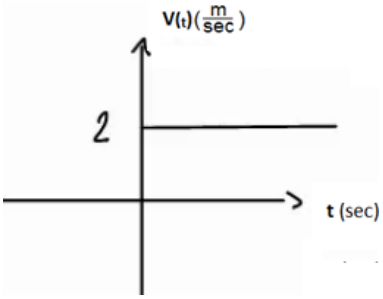
נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

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

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

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

7) מיקום שלילי

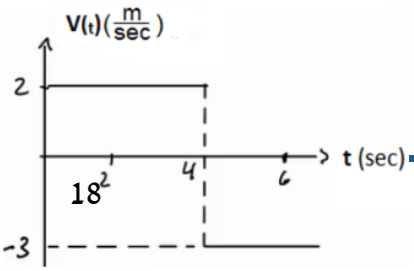


נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t=2\text{sec}$ מיקומו היה $x=-4\text{m}$.

ב. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

8) מהירות מתחלפת



נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.

א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t=1\text{sec}$ ל- $t=6\text{sec}$.

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

ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

9) שתי מכוניות זו לקראת זו

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

מכונית א' יוצאת מנקודה המרוחקת 140 מטר מימין לראשית, ונעה במהירות $8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$,

ומכונית ב' יוצאת מנקודה המרוחקת 40 מטר משמאל לראשית ונעה במהירות $10\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

א. מתי חולפות המכוניות זו על יד זו? ומהן מיקומן ביחס לראשית ברגע זה?

ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

10) מכונית נוסעת מת"א לירושלים

מכונית נוסעת מתל אביב לירושלים במהירות של 90 קמ"ש, חונה בירושלים למשך שעה אחת, וחוזרת לתל אביב במהירות של 45 קמ"ש.
המרחק בין הערים תל אביב וירושלים הוא 45 ק"מ.
לשם הפשטות, נניח כי התנועה מתנהלת לאורך קו ישר.

א. שרטט גרף מקום-זמן של תנועת המכונית.
איזה גודל פיסיקלי מייצגים שיפועי הישרים?

ב. רשום נוסחת מקום-זמן של תנועת המכונית.

ג. שרטט גרף מהירות-זמן.

11) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

אופנוע יוצא לדרכו מת"א לאילת במהירות קבועה שגודלה 80 ק"מ לשעה.
חצי שעה לאחר צאת האופנוע יוצאת מכונית מאילת לת"א במהירות קבועה של 120 ק"מ לשעה.
המרחק בין שתי הערים הוא 340 ק"מ, ונניח שהכביש המחבר ביניהם הוא ישר.

א. הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.

ב. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.

ג. כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.

ד. כמה זמן לאחר צאת האופנוע לדרכו הוא יחלוף על פני המכונית?
מה מיקומם של האופנוע והמכונית ברגע זה?

תשובות סופיות:

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

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

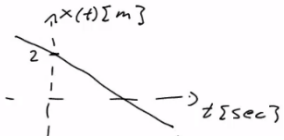
3) א. $x(t=8)=40\text{m}$, $x(t=2)=10\text{m}$ ב. $t=40\,\text{sec}$

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. $\Delta x=20\text{m}$

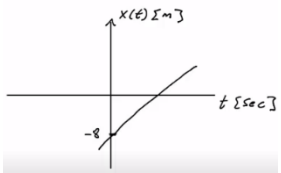
5) א. $x(t)=50-6t$ ב. $x(t=2)=38\text{m}\,,x(t=3)=32\text{m}$

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

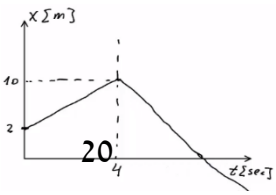
6) א. $S=-6\text{m}$ ב. $x(t)=2-3t$ ג.



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.



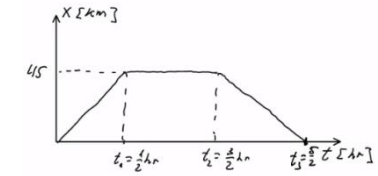
9) א. חולפות ב- $t=10\sec$, ומיקומן הוא $x_{a,b}(t=10)=60\text{m}$.

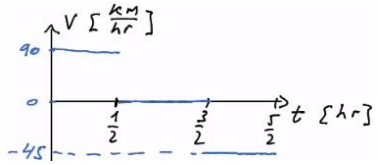
ב. $t_1\approx 7.78\sec$ או $t_2\approx 12.22$.

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

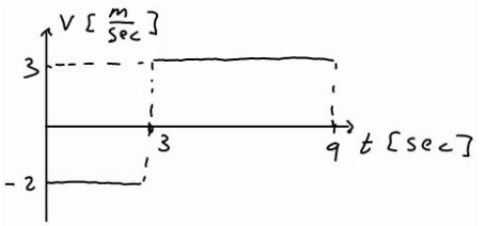
מהירות ממוצעת:

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?

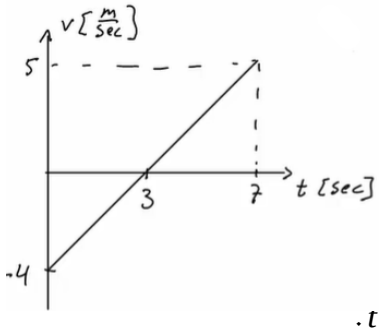
3) מת״א לב״ש דרך חיפה

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 $t=3\text{sec}$ ל- $t=7\text{sec}$.

תשובות סופיות:

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

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

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

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

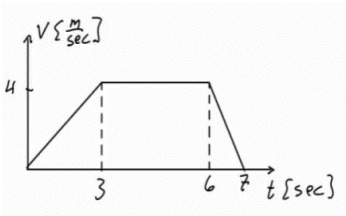
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

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.

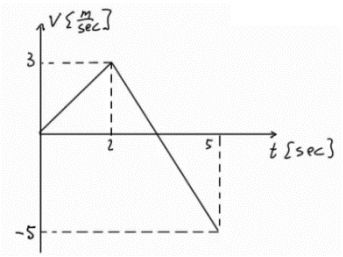
ה. רכב משנה את מהירותו מ-10 מטר לשנייה ל-5 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

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?

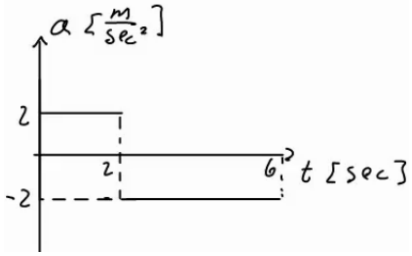
10) דני ודנה רצים זה לקראת זו

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

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

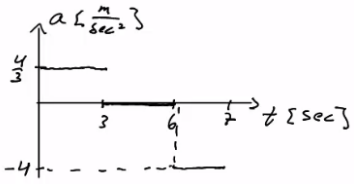
3) א. $V(t)=2\cdot t$ ב. $14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $t=10\text{sec}$

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

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

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

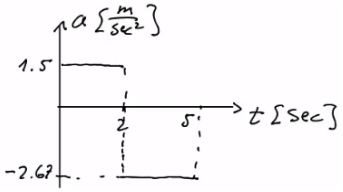
6) חלק 1 - כאשר $0\leq t\leq 3$ אז $a_1=\frac{4}{3}\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ - מאיץ. שרטוט:



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

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

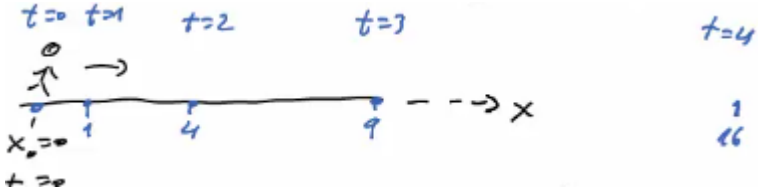


חלק 2 - כאשר $2\leq t\leq 5$ אז $a_2=\frac{-8}{3}\approx -2.67\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$:
כשהמהירות חיובית – בתאוטה $(V\geq 0)$,
וכשהמהירות שלילית – בתאוצה $(V<0)$.

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

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

ג.



9) $t_1=18.79$

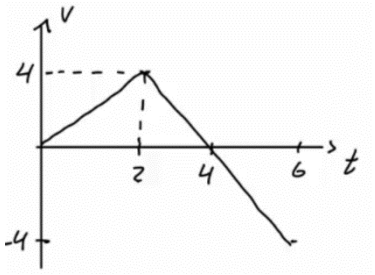
10) א. הזמן : $t=8.16\text{sec}$, המיקום : 16.65m.

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

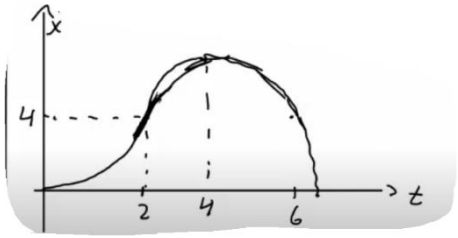
11) א. כאשר $0<t<2$, הנוסחה היא : $V\left(t\right)=2t$; כאשר $2<t<6$, הנוסחה היא : $V\left(t\right)=8-2t$.

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

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?

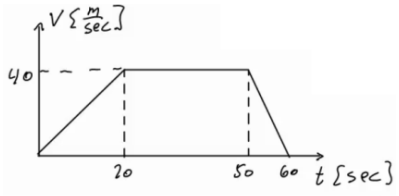
ד. האם ההעתק שמבצעת המכונית בחמש השניות הראשונות גדול, קטן או שווה להעתק בחמש השניות האחרונות?

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.

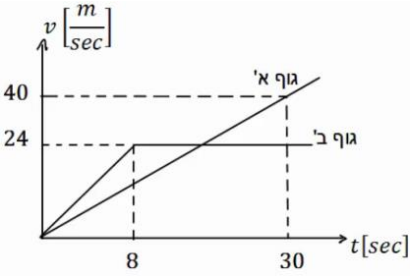
ב. מתי מהירותו של יוסי שווה לזו של דני? האם הוא משיג את דני ברגע זה?

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.

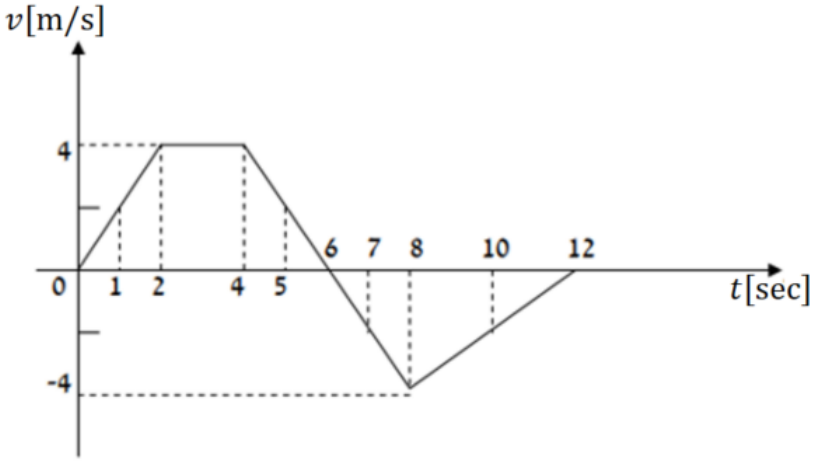


א. תאר את תנועתו של כל גוף.
ב. רשום נוסחת מקום זמן לכל גוף.
ג. מצא את המרחק בין הגופים
ברגעים: $t=3\sec,\ 24\sec$,
וציין מי מקדים את מי.
ד. מתי מהירויות שני הגופים שוות?
ה. מתי מיקום שני הגופים זהה?

5) גרף מהירות זמן בקו ישר

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

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



6) תרגיל עם הכל

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

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?

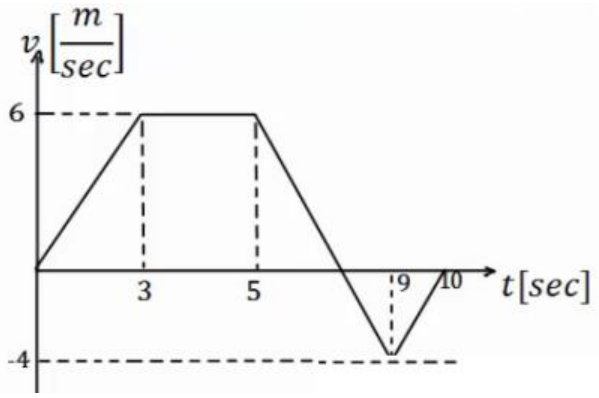
ד. מהו ההעתק הכולל שעשה הגוף?

ה. מהי המהירות הממוצעת של הגוף בתנועה?

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

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

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

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

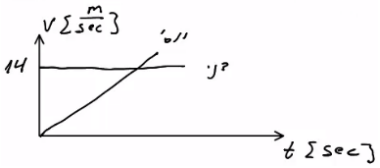
2) א. כאשר $0\le t\le 20$ (חלק I), התאוצה חיובית וקבועה, והמיקום הולך וגדל.
כאשר $20\le t\le 50$ (חלק II), המהירות קבועה (אין תאוצה) והמיקום גדל.
כאשר $50\le t\le 60$ (חלק III), התאוצה קבועה ושלילית - תאוטה - והמיקום הולך וגדל.

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

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

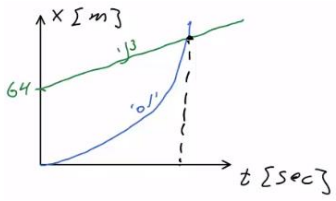
ד. $x(t=15)=225\text{m}$, $x(t=40)=1,200\text{m}$, $x(t=55)=1,750\text{m}$

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



ב. $t=1.75\text{sec}$; 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 $8\le t\le\infty$, $x(t)=96+24(t-8)$.

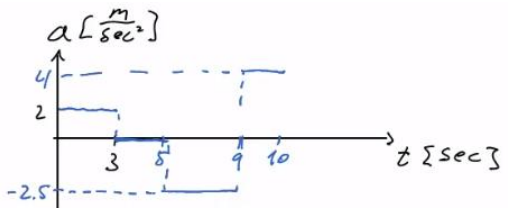
ג. כש-$\Delta x(t=3)=7.5\text{m}$, וכש-$\Delta x(t=24)=96\text{m}$. גוף ב' מקדים את א'.

ד. $t=18\text{sec}$ ה. כש-$t=31.42\text{sec}$.

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.

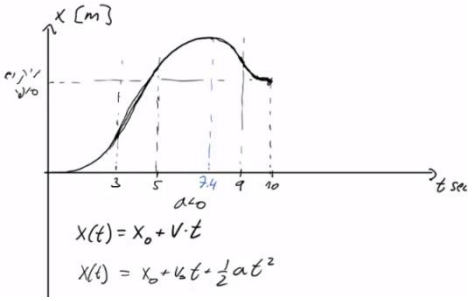
ב. $a=\begin{cases}2\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 0<t<3\\ 0 & 3<t<5\\ -2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 5<t<9\\ 4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2} & 9<t<10\end{cases}$ גרף:



ג. בזמן: 7.4sec ; המרחק: 28.2m.

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

ח. $t=3.5\text{sec}$ ט.

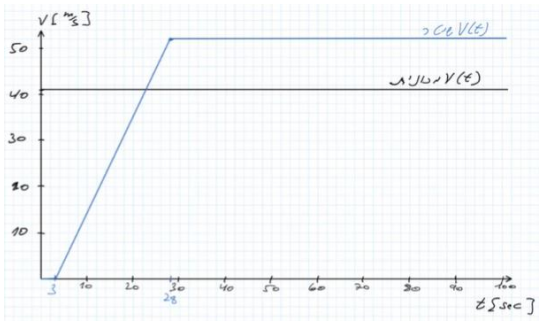


7) א. $a=3\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ב. $x(t)=5+15(t-2)+\frac{1}{2}3(t-2)^2$

ג. $x(t=0)=-19$; $x(t=1.65)=0$

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

8) א. 3877m ב.



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

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

מהירות רגעית ותאוצה רגעית:

רקע

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

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

התאוצה היא נגזרת של המהירות והמהירות היא אינטגרל על התאוצה:

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

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

נגזרות של סינוס וקוסינוס:

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

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- $t = 7\,\text{sec}$?

ד. חשב את התאוצה הממוצעת בעשר השניות הראשונות של התנועה ובעשר השניות הבאות.

2) מיקום עם קוסינוס

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

(A ו- ω 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 ω?

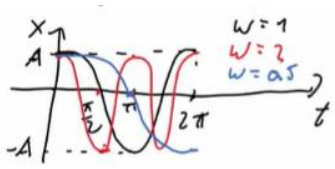
תשובות סופיות:

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

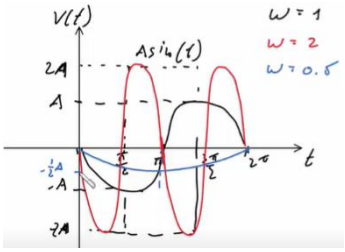
ד. $62\frac{m}{sec^2}$, $182\frac{m}{sec^2}$

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

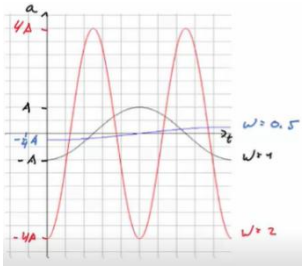
ב. מיקום:



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. $x(t)=\frac{t^5}{5}+2$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 4 - יחידה 1 - וקטורים

תוכן העניינים

1. הגדרות סימונים והצגות 38
2. פעולות בין וקטורים 43
3. מכפלה סקלרית 47
4. וקטור יחידה 50
5. מכפלה וקטורית בדו-מימד 51
6. וקטור בשלושה מימדים 53
7. מכפלה וקטורית בשלושה מימדים 55
8. חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית 56
9. תרגילים נוספים 58

הגדרות סימונים והצגות:

רקע:

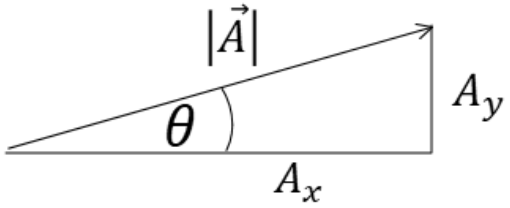
וקטור הוא כלי מתמטי המשמש לתיאור גודל פיזיקלי עם כיוון (לדוגמה מהירות או כוח).

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 θ עם ציר ה x החיובי).
הצגה קרטזית (אלגברית): הצגה באמצעות רכיבים.



מעבר מפולרי לקרטזי (פירוק וקטור לרכיבים):

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

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

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

מעבר מקרטזי לפולרי (מציאת גודל וזווית)

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

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

שאלות:

1) הצגה פולרית

צייר את הוקטורים הבאים על גבי מערכת צירים:

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

2) הצגה קרטזית

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

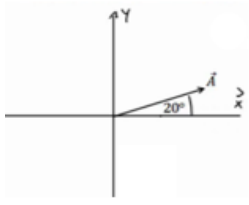
$\vec{A}=(1,2)$, $\vec{B}=(-2,3)$, $\vec{C}=(-3,-2)$, $\vec{D}=(2,-1)$.

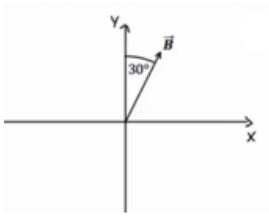
3) מעבר מפולרי לקרטזי

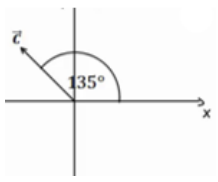
הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.

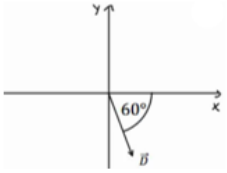
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):

א. ב. ג. ד.





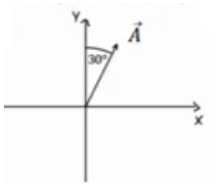


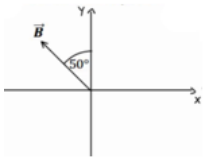


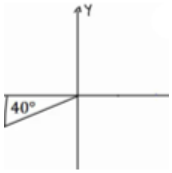
4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים

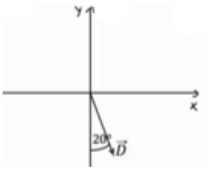
הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 3.

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

א. 

ב. 

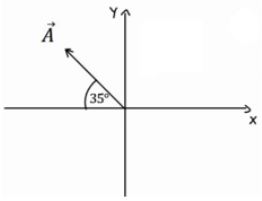
ג. 

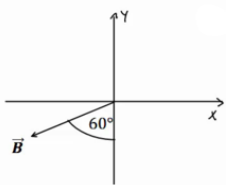
ד. 

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

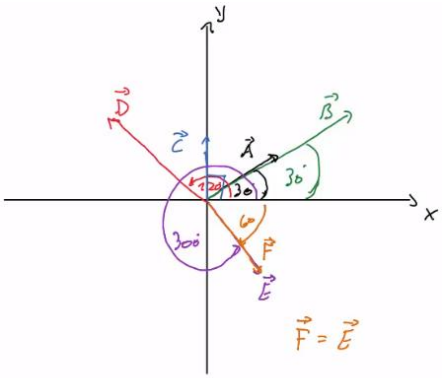
ד. $\vec{D}=(2,-2)$

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

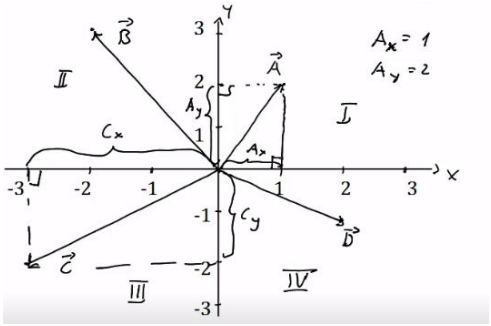
ו. $|\vec{E}|=3$, $E_y=-1$ הוקטור ברביע השלישי.

תשובות סופיות:

1) ראו שרטוט:



2) ראו שרטוט:



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

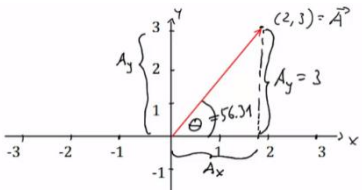
4) א. $\vec{A}=\left(\frac{3}{2},\ 2.60\right)$ ב. $\vec{B}=(-2.30,\ 1.93)$ ג. $\vec{C}=(-2.30,\ -1.93)$

ד. $\vec{D}=(-2.30,\ -1.93)$

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

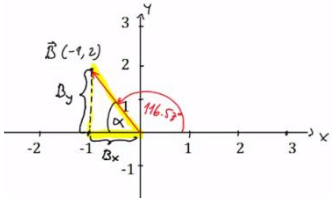
6) א. $\left|\vec{A}\right|=\sqrt{5}$; $\theta_A=-26.57=333.43°$ ב. $\left|\vec{B}\right|=2.06$; $\theta_B=255.96°$

7) א. שרטוט:



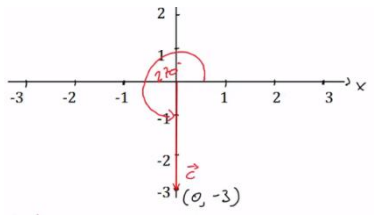
$\left|\vec{A}\right|=\sqrt{13}$; $\theta_A=56.31°$

ב. שרטוט:



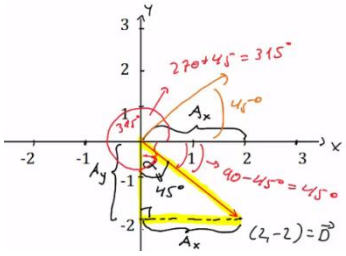
$\left|\vec{B}\right|=\sqrt{5}$; $\theta_B=116.57°$

ג. שרטוט:



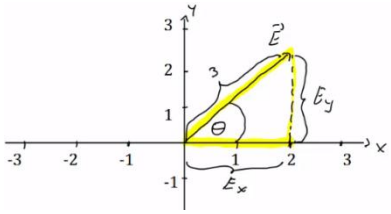
$\theta_C = 270° \ ; \ |\vec{C}| = 3$

ד. שרטוט:



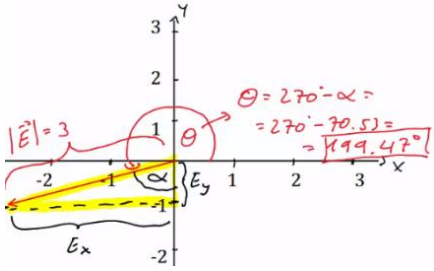
$\theta_D = 315° = -45° \ ; \ |\vec{D}| = \sqrt{8}$

ה. שרטוט:



$\theta_E = 48.19° \ ;$

ו. שרטוט:

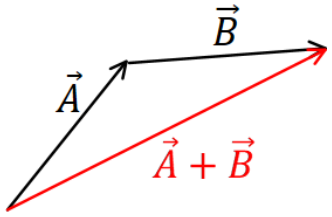


$\theta_E = 199.47° \ ;$

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:

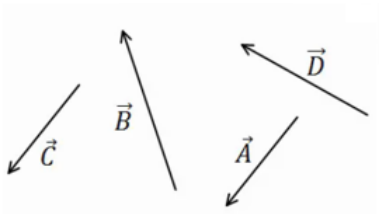
$$\vec{B}=\alpha\vec{A}=\left(\alpha A_x, \alpha A_y\right)$$

- 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

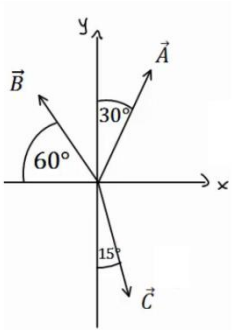
נתונים הוקטורים הבאים:

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

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.

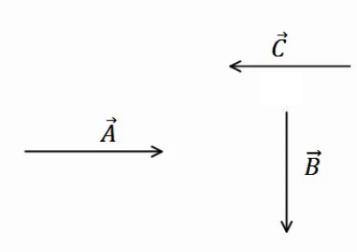
3) דוגמה 2



הגודל של הוקטורים באיור הבא הוא: $\left|\vec{A}\right|=5,\ \left|\vec{B}\right|=4,\ \left|\vec{C}\right|=5$.

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:

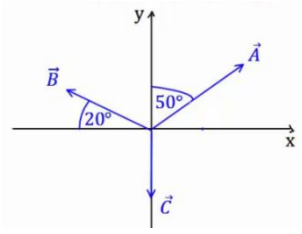
א. $\vec{D}=-2\vec{B}$

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: $\left|\vec{A}\right|=5,\ \left|\vec{B}\right|=4,\ \left|\vec{C}\right|=3$.



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.

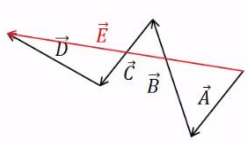
ג. מצא את הרכיבים של $\vec{A}$.

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

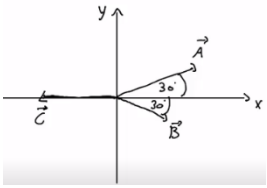
ה. מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{B}$ מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.
הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

תשובות סופיות:

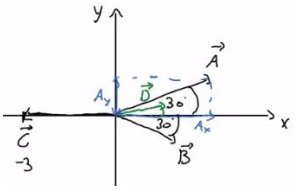
1)



2) א.

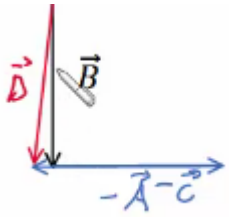


ב. $\left|\vec{D}\right|=1.42\ ,\theta_D=20.60°$



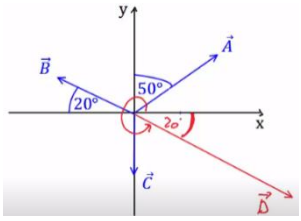
3) $\left|\vec{D}\right|=3.46\ ,\theta_D=58.84°$

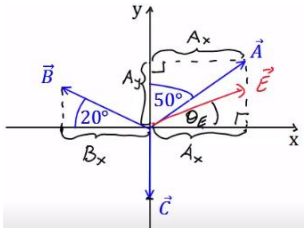
4)



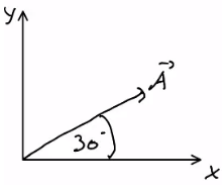
5) א. $\vec{D}=(2,-8)$ ב. $\vec{E}=(10,7)$ ג. $\vec{F}=(-4,-12)$

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

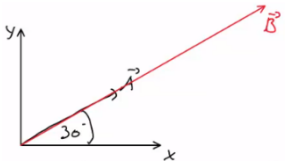




7) א.



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.

מכפלה סקלרית:

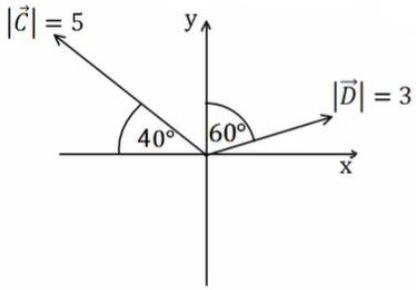
שאלות:

1) דוגמה 1

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

א. $\vec{A}=(-1,2)$, $\vec{B}=(2,2)$

ב.



2) דוגמה 2

בדוק עבור זוגות הוקטורים הבאים האם הם מאונכים:

א. $\vec{A}=(1,4)$, $\vec{B}=(-2,5)$

ב. $\vec{A}=(1,4)$, $\vec{B}=(8,-2)$

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

ד. שרטט כל זוג וקטורים מאונכים על מערכת צירים.
חשב את זוויות הוקטורים עם הצירים והראה שהזווית בין הוקטורים היא אכן 90 מעלות.

3) דוגמה 3

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

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

ב. מצא את הגודל והזווית של כל וקטור.

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

4) דוגמה 4

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

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

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

5) דוגמה 5

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

חשב את:

א. $\vec{A}\cdot\vec{C}$

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

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

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

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

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

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

6) דוגמה 6

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

חשב את:

א. $\dfrac{\left(\vec{A}\cdot\vec{B}\right)\vec{B}}{\left|\vec{B}\right|^2}$

ב. $\dfrac{\left(\vec{B}\cdot\vec{C}\right)\vec{C}}{\left|\vec{C}\right|^2}$

7) דוגמה 7

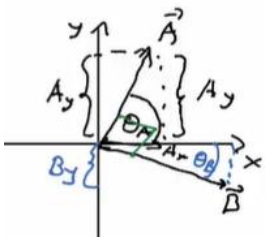
נתונים הוקטורים הבאים: $\vec{A}=(-2,2)$, $\vec{B}=(1,-3)$, $\vec{C}=(1,5)$.

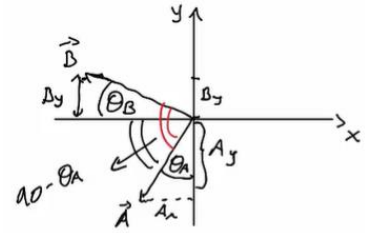
מצא את הזווית בין $\vec{A}$ ל- $\vec{B}$ ובין $\vec{B}$ ל- $\vec{C}$.

תשובות סופיות:

1) א. 2 ב. -5.13

2) א. $\vec{A}$ לא מאונך ל- $\vec{B}$. ב. מאונכים. ג. מאונכים.
ד. ב. $\theta_A = 75.96°$, $\theta_B = 14.04°$. ד. ג. $\theta_A = 26.57°$, $\theta_B = 26.57°$.





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

4) א. הוכחה. ב. הוכחה.

5) א. -1 ב. -10 ג. -10 ד. (-4,12) ה. (-18,-9)
ו. (12,-8) ז. 36

6) א. (-0.8,2.4) ב. (-0.54,-2.69)

7) $\alpha_{\vec{AB}} = 153.43°$, $\alpha_{\vec{BC}} = 150.26°$

וקטור יחידה:

שאלות:

1) דוגמה וקטור יחידה

מצא וקטורי יחידה בכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A}=(-2,-3)$

ב. $\vec{B}=(3,4)$

תשובות סופיות:

1) א. (-0.55,-0.83) ב. (0.6,0.8)

מכפלה וקטורית בדו-מימד:

רקע:

מכפלה וקטורית (בדו- מימד):

$$\vec{A}\times\vec{B}=\left(A_xB_y-A_yB_x\right)\hat{z}$$

-התוצאה של מכפלה וקטורית היא תמיד וקטור!

נוסחה נוספת רק לגודל של המכפלה:

$$\left|\vec{A}\times\vec{B}\right|=\left|\vec{A}\right|\cdot\left|\vec{B}\right||sin\,\alpha|$$

שאלות:

1) דוגמה – מכפלה וקטורית

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

א. חשב את: $\vec{A}\times\vec{B}$ באמצעות ההצגות הקרטזיות הנתונות.
מהו גודל המכפלה?

ב. מצא את הגודל והזווית של כל וקטור.

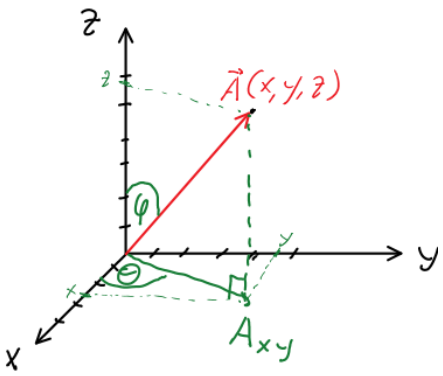
ג. חשב את: $\left|\vec{A}\times\vec{B}\right|$ שוב, הפעם באמצעות הנוסחה של מכפלת הגדלים בסינוס הזווית. בדוק כי התוצאה זהה לסעיף א'.

תשובות סופיות:

1) א. 10 ב. $\left|\vec{A}\right|=\sqrt{17}\ ,\ \theta_A=165.96°\ ,\ \left|\vec{B}\right|=\sqrt{13}\ ,\ \theta_B=-56.31°$ ג. 10

וקטור בשלושה מימדים:

רקע:



$$0 \le \varphi \le 180°$$
$$0 \le \theta \le 360°$$
$$A_x = |\vec{A}| \sin\varphi \cos\theta$$
$$A_y = |\vec{A}| \sin\varphi \sin\theta$$
$$A_z = |\vec{A}| \cos\varphi$$
$$|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$
$$\tan\theta = \frac{A_y}{A_x}$$
$$\cos\varphi = \frac{A_z}{|\vec{A}|} = \frac{A_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$$

שאלות:

1) חישוב וקטור יחידה

נתון הוקטור: $\vec{A}$ (2,3,4).

א. מהו גודלו של הוקטור?

ב. מהו וקטור היחידה של הוקטור $\vec{A}$?

2) כשהסכום מאונך להפרש

הוכיחו שאם סכום של שני וקטורים מאונך להפרשם אזי אורכם שווה.

3) מציאת וקטור מאונך

נתונים 2 וקטורים: $\vec{B}(B_x, B_y, 0)$, $\vec{A}(1,4,8)$.

מצאו את מרכיבי וקטור $\vec{B}$ אם נתון כי הוא ניצב לוקטור $\vec{A}$ וגודלו 10.

תשובות סופיות:

1) א. $\sqrt{29}$ ב. $\left(\frac{2}{\sqrt{29}},\frac{3}{\sqrt{29}},\frac{4}{\sqrt{29}}\right)$

2) הוכחה בסרטון

3) $\left(-4\frac{10}{\sqrt{17}},\frac{10}{\sqrt{17}},0\right)$

מכפלה וקטורית בשלושה מימדים:

שאלות:

1) מכפלה וקטורית

נתונים הוקטורים: $\vec{D}(2,0,1)$, $\vec{C}(-1,2,-2)$, $\vec{B}(1,-3)$, $\vec{A}(1,2)$.

א. מצא את: $\vec{A}\cdot\vec{B}$.

ב. מצא את: $\vec{A}\times\vec{B}$.

ג. מצא את: $\vec{C}\times\vec{D}$.

תשובות סופיות:

1) א. 5- ב. $(-5)\hat{z}$ ג. $\vec{C}\times\vec{D}=2\hat{x}-3\hat{y}-4\hat{z}$

חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית:

שאלות:

1) חיבור באמצעות מקבילית

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

2) חיסור באמצעות מקבילית

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

3) מציאת אורך של שקול

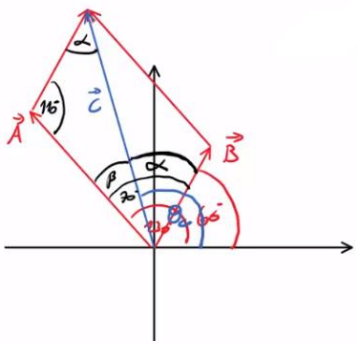
אורכם של שני וקטורים הוא 5 ו-10 ס"מ. הזווית ביניהם היא 30 מעלות.
מהו אורכו של הוקטור השקול שלהם (סכום הוקטורים)?

4) מציאת זווית בין שני וקטורים

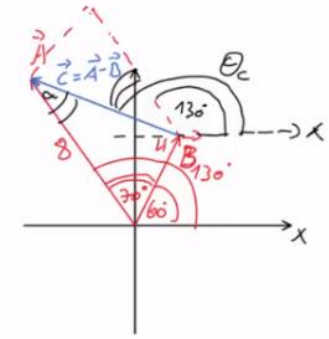
נתונים שני וקטורים שאורכם 10 ו-13 מטר. אורך השקול שלהם הוא 20 מטר.
מצא את הזווית בין הווקטורים.

תשובות סופיות:

1) $108.1°$, 10.1



2) $159.5°$, 7.62



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

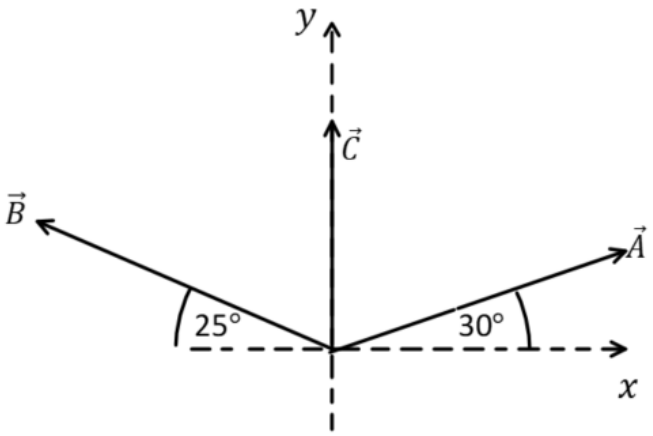
4) $\theta = 60°$

תרגילים נוספים:

שאלות:

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

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



תשובות סופיות:

1) $\vec{C} = 14{,}221°$.

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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 5 - יחידה 1 - נפילה חופשית וזריקה אנכית

תוכן העניינים

1. נפילה חופשית 59
2. זריקה אנכית 60
3. תרגילים 62

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. $40\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

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

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

זריקה אנכית:

שאלות:

1) דנה גרה מעל צחי

דנה גרה בבניין קומות גבוה. חברה צחי גר שלוש קומות מתחתיה.

דנה זורקת מהחלון כדור במהירות של $5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ כלפי מטה לעבר החלון של צחי.

גובה כל קומה הוא 3 מטרים.

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:

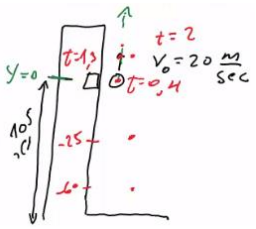
1) א. 0.93sec ב. $V(t=0.93)=14.3\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $V(y=15)\approx 18.03\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

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. 7sec

ה. (א) מקום-זמן: $y(t)=105+20t-5t^2$.

מהירות-זמן: $V(t)=20-10t$.

(ד) 7sec

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

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: $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5\text{sec}$.

ג. שרטט גרפים עבור שלושת הפונקציות שחישבת בסעיף א'.

5) כדור מלמעלה וכדור מלמטה מתעכב

כדור נופל מגובה של 70 מטרים בנפילה חופשית.
שלוש שניות לאחר מכן נזרק כדור נוסף מהקרקע במהירות התחלתית v_0.

א. רשום נוסחת מקום–זמן לכל גוף כפונקציה של v_0.

ב. מה צריך להיות v_0 על מנת שהכדורים לא יחלפו זה על פני זה?

ג. רשום נוסחת מקום – זמן לכל גוף, בהנחה שהערך של v_0 הוא הערך המקסימלי שמקיים את התנאי של סעיף ב'.

ד. מה תהיה מהירות כל גוף בפגיעה בקרקע?

ה. שרטט גרף מהירות – זמן לשתי האבנים על אותה מערכת צירים.

6) כדור פורח

כדור פורח עולה במהירות קבועה של 15 מטרים 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. 2sec ב. 20m ג. 25.8sec ד. 7.29sec

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

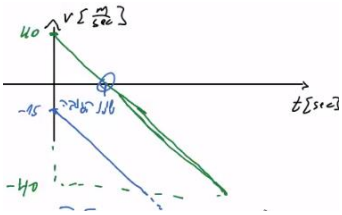
3) א. גוף 1: $y_1(t)=80+(-15)t-5t^2$, גוף 2: $y_2(t)=40t-5t^2$ ב. 80m

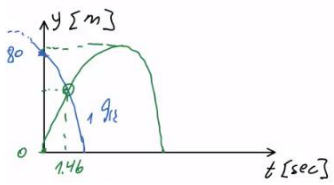
ג. $y_2(t=1.45)\approx 47.74\text{m}$

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

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

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





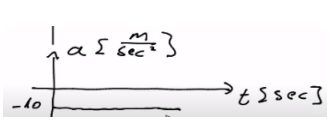
4) א. מקום-זמן: $y(t)=40+30t-5t^2$, מהירות-זמן: $v(t)=30-10t$,

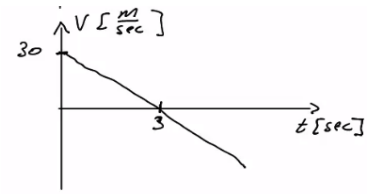
תאוצה-זמן: $a=-10$.

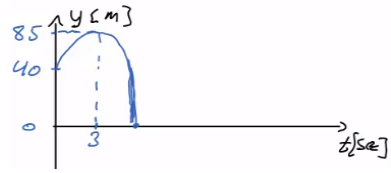
ב.

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:





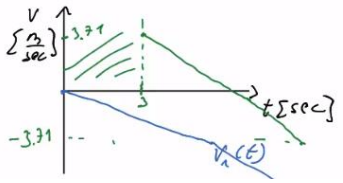


5) א. כדור 1: $y_1(t)=70-5t^2$, כדור 2: $y_2(t)=0+v_0(t-3)-5(t-3)^2$.

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

ה. שרטוט:



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

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

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: $\frac{(v_1+v_2)^2}{2g} - v_2 t_0$.

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 6 - יחידה 1 - תנועה יחסית

תוכן העניינים

1. תנועה יחסית 67

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) 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?

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

ה. $v_1=-2.8\frac{m}{sec}$

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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 7 - יחידה 1 - תרגילים לחזרה עד לחלק זה

תוכן העניינים

1. תרגילים 69

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.

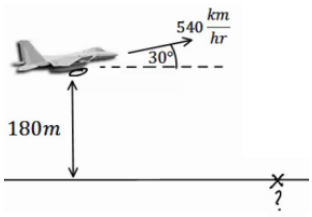
א. מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?

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.



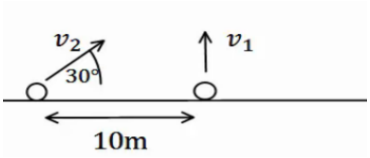
א. היכן תפגע הפצצה בקרקע?

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

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

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

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

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

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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 8 - יחידה 2 - דינמיקה - תנועה בהשפעת כוחות (חוקי ניוטון)

תוכן העניינים

1. הקדמה, חוק ראשון ושלישי 71
2. חוק שני של ניוטון 80
3. הכוח האלסטי- קפיץ 95
4. תרגילים נוספים לחוק ראשון ושלישי 100
5. כוח הכבידה - הכוח הריבועי ההפוך 104

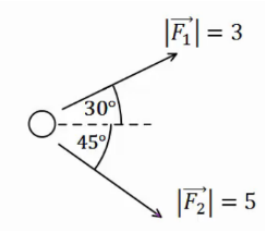
הקדמה, חוק ראשון ושלישי:

שאלות:

דינמיקה והכוחות הבסיסיים:

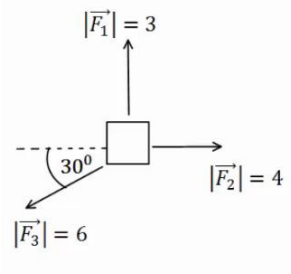
1) דוגמה 1

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



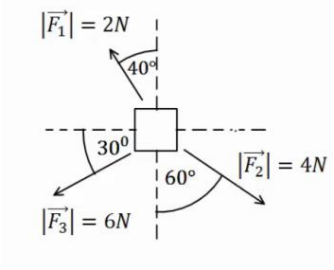
2) דוגמה 2

חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



3) דוגמה 3

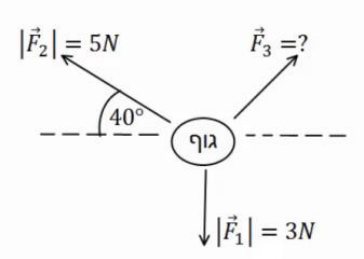
חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא:



4) דוגמה 4

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

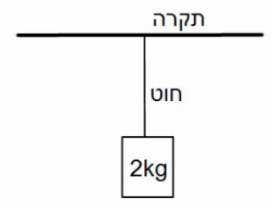
מצא את גודלו וכיוונו של $\vec{F}_3$.



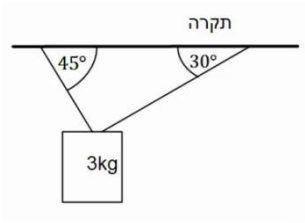
5) דוגמה 5

גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.

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

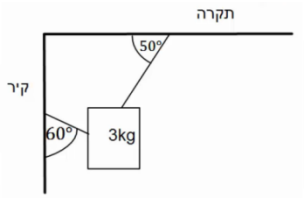


6) דוגמה 6



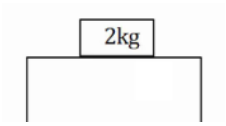
גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים,
לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק״ג?

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



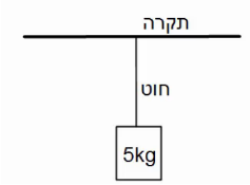
מסה של 2 ק״ג נמצאת במנוחה על שולחן.

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?

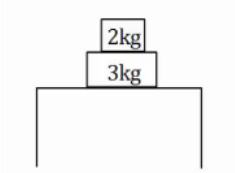
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?

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.

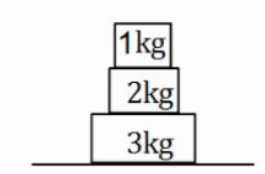
א. שרטט תרשים כוחות לכל אחת מהמסות.

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



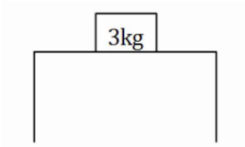
שלוש מסות מונחות אחת על גבי השנייה ועל הקרקע במנוחה, כפי שנראה בציור.

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.

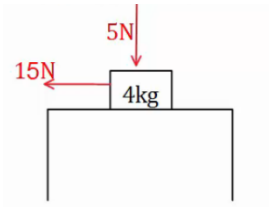
מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.

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.

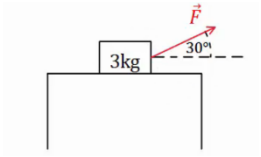
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

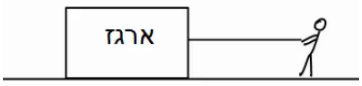


גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן.
כוח קבוע פועל על הגוף בזווית של 30 מעלות עם הכיוון האופקי.
מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.3$.

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

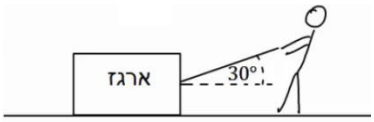
ב. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

17) דני מושך במקביל לקרקע



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

18) ירון מושך בזווית

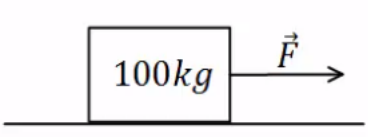


ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית של 30 מעלות ביחס לקרקע.
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.
מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.

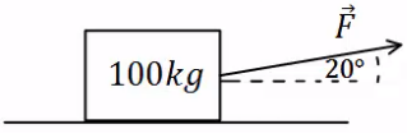
19) כוח בכמה כיוונים

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

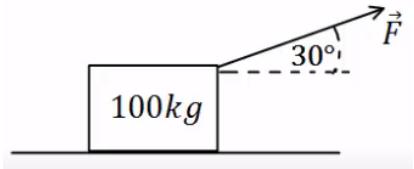
א. כוח מושך אופקי



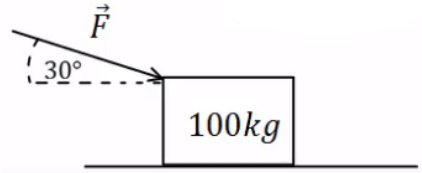
ב. כוח מושך בזווית של $20°$



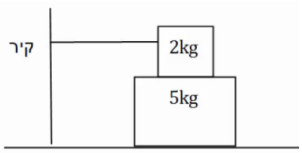
ג. כוח מושך בזווית של $30°$



ד. כוח דוחף בזווית של $30°$ מתחת לאופק



20) מסה על מסה קשורה לקיר



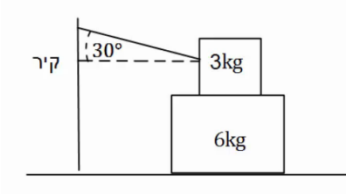
מסה של 2 ק״ג מונחת מעל מסה של 5 ק״ג.
המסה העליונה קשורה בחוט אופקי לקיר משמאל.
מקדמי החיכוך בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הם: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

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



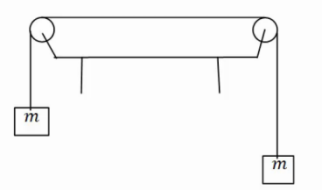
מסה של 3 ק״ג מונחת מעל מסה של 6 ק״ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות וביו המסה התחתונה למשטח הוא: $\mu_s = 0.3$.

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.

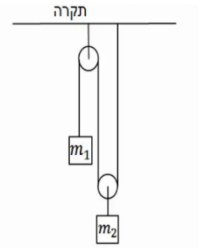


א. מהי המתיחות בחוט?

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



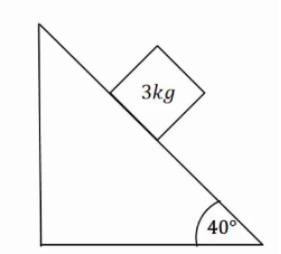
שתי מסות תלויות באמצעות חוטים וגלגלות אידיאלים לפי האיור הבא. המערכת נמצאת במנוחה.

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

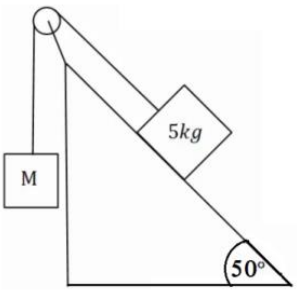


מסה של 3 ק"ג נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית של 40 מעלות. בין המסה למדרון קיים חיכוך, ומקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.2$.

א. שרטט תרשים כוחות לבעיה.

ב. מצא את גודלם של הכוח הנורמלי והחיכוך.

25) מסה בשיפוע ומסה באוויר



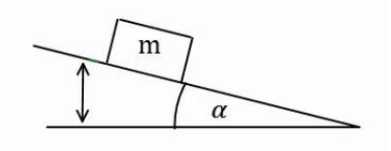
מסה של 5 ק"ג מונחת על מישור משופע בעל זווית של 50 מעלות. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית למסה נוספת M התלויה באוויר מצידו השני של המישור.

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.

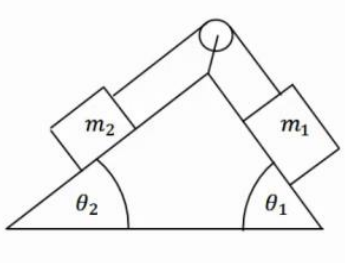
א. מצא את הזווית בה תתחיל המסה להחליק אם מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למישור הוא: $\mu_s = 0.2$.

תרגול בפרמטרים.

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

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

27) שתי מסות שני שיפועים



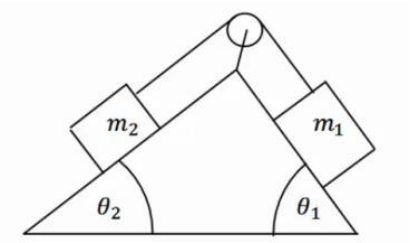
במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן θ_1, θ_2. שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות.

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

מצא את m_2.

28) שתי מסות שני שיפועים וחיכוך

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



שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי,
ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון.
בין המסות למדרון קיים חיכוך.
המסות נעות במהירות קבועה עם כיוון השעון.

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

מצא את m_2.

תשובות סופיות:

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

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

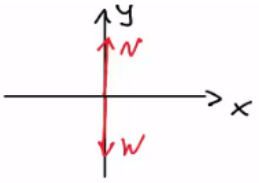
3) $\sum F_x = -3.03N$, $\sum F_y = -3.47N$

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

5) $T = 20N$

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

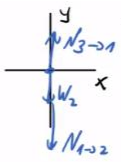
7) $T_1 \approx 26.30N$, $T_2 \approx 19.48N$

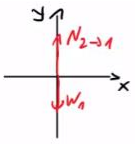
8) א. 

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. 

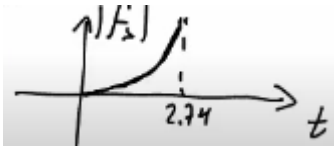


ב. $N_{21} = 20$ ג. $N_{32} = 50$
ד. $N_{23} = 50N\hat{y}$

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. $t = 2.74\sec$ 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. $F = 600.58N$

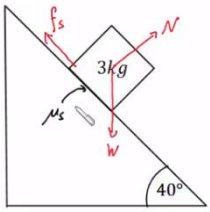
20) א. $F_{max}=27N$ ב. $T=6N$ ג. $F=18N$

21) א. $F_{max}=33.34N$ ב. $T=8.86N$

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

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

24) א.



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

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

26) א. $\alpha=11.31^\circ$ ב. $\alpha=\text{shif tan}\left(\mu_s\right)$ ג. ראה סרטון.

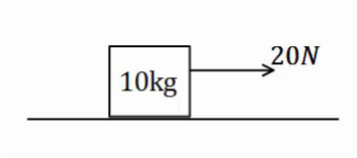
27) $m_2=m_1\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$

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

חוק שני של ניוטון:

שאלות:

1) דוגמה 1



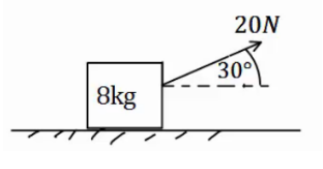
כוח של 20 ניוטון מופעל על ארגז בעל מסה של 10 ק"ג.
אין חיכוך בין הארגז לרצפה.

א. מצא את תאוצת הארגז.

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

2) דוגמה 2

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



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

א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.

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

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

3) מרחק עצירה

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

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

הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

א. האם דני יספיק לעצור לפני הרמזור?

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

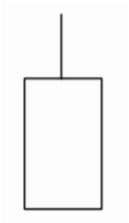
4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.
ברגע $t = 0$ מתחיל לפעול על המסה כוח אופקי של $10N$.
המסה מתחילה לנוע בהשפעת הכוח במשך 4 שניות, ואז נפסק הכוח בפתאומיות.
מקדם החיכוך הקינטי בין המסה לקרקע הוא: $\mu_k = 0.2$.

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

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

5) כוחות על מעלית



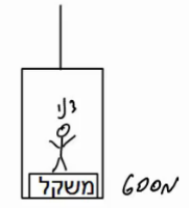
מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשניה בריבוע,
באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.

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?

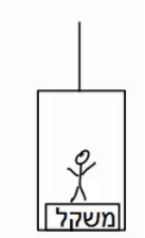
ב. מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?

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?

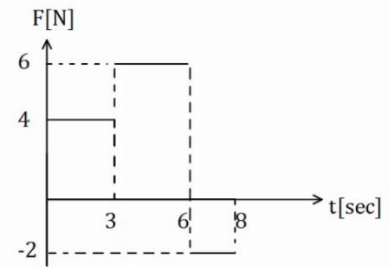
ה. מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

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



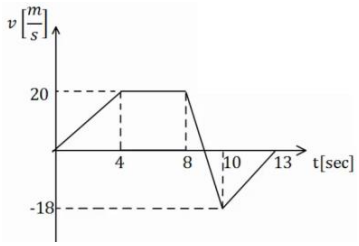
בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

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: $v_0 = 0$.

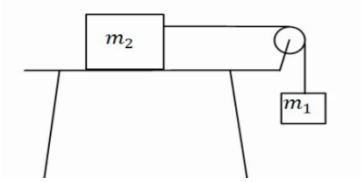
ג. מצא את מיקום הגוף כתלות בזמן אם המיקום ההתחלתי הוא: $x_0 = 0$.

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: $\mu_k = 0.2$, $\mu_s = 0.3$.

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

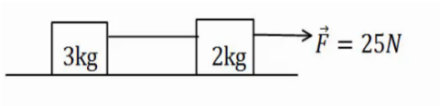
א. מצא את גודלה המינימלי של m_1, עבורה המערכת תהיה בתנועה.

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

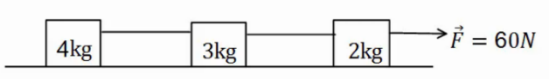


מסה של 2 ק״ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.
המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה
נוספת של 3 ק״ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
כוח אופקי של 25 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

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



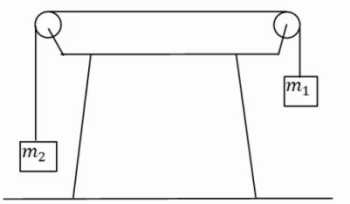
מסה של 2 ק״ג נמצאת במנוחה על
משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות
חוט אידיאלי למסה נוספת של 3 ק״ג הנמצאת במנוחה על המשטח גם כן.
המסה השנייה מחוברת למסה של 4 ק״ג בצורה דומה.
כוח אופקי של 60 ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

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: $\mu_k = 0.2$.

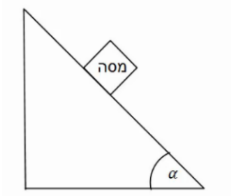
13) שתי מסות תלויות

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?

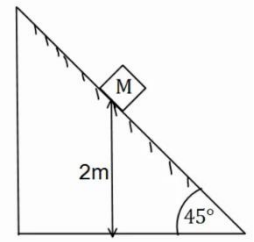
14) מדרון משופע בסיסי



מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית α.
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

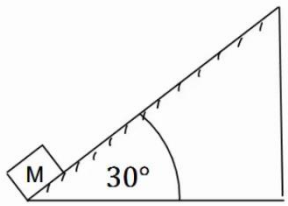


מסה M מונחת על מדרון משופע בגובה של 2 מטרים.
זווית השיפוע של המדרון היא 45 מעלות ומקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם: $\mu_k = 0.1$, $\mu_s = 0.2$.

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

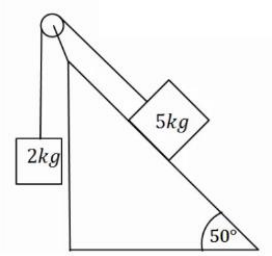
16) מסה נזרקת במעלה המדרון

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?

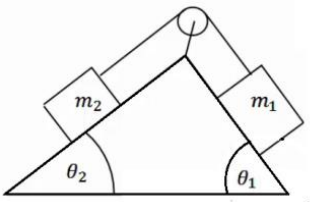
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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: θ_1 , θ_2.
שתי מסות שונות m_1 , m_2 מונחות בשני צידי המדרון.
המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המסות למדרון.

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

א. לאיזה כיוון תנוע המערכת?

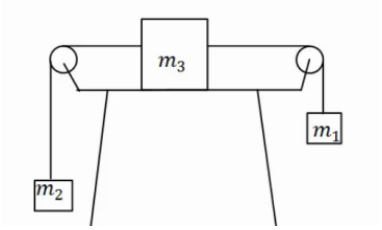
ב. מצא את תאוצת המערכת.

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

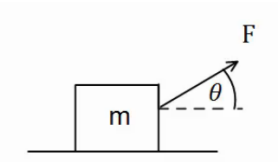
א. מצא את תאוצות המסות והמתיחות בחוטים אם אין חיכוך בין m_3 לשולחן.

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



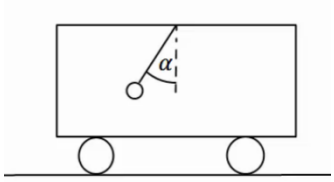
כוח F מושך ארגז בעל מסה m בזווית θ מעל האופק.
מקדם החיכוך בין הארגז לקרקע הוא μ_k.

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

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

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

21) מטוטלת במכונית

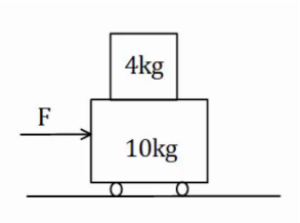


מטוטלת קשורה לתקרת מכונית.
המטוטלת נמצאת בזווית קבועה ונתונה α,
ביחס לאנך מתקרת המכונית.

א. מצא מהי תאוצת המכונית (גודל וכיוון).

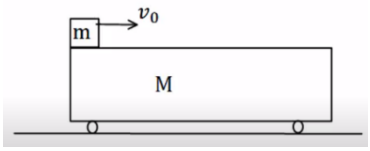
ב. האם ניתן לדעת מה כיוון תנועת המכונית?

22) מסה של 4 על עגלה של 10



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

23) מסה מחליקה על עגלה



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

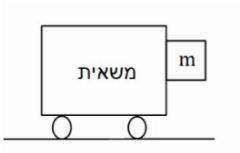
נתון: $m = 3kg,\ M = 12kg,\ v_0 = 20\frac{m}{sec},\ \mu_k = 0.2$.

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?

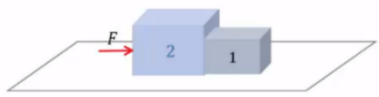
24) מסה צמודה למשאית



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

25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות

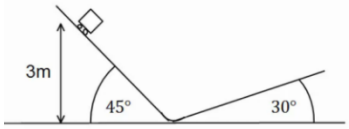
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן: $m_1 = 3kg$ ו- $m_2 = 5kg$. כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת כפי שמתואר בתרשים.
גודל הכוח הוא: $F = 16N$. חשב את:



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

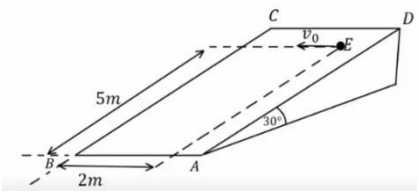
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45 מעלות.
הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של 30 מעלות.
הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.



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: $\mu_k = 0.2$.

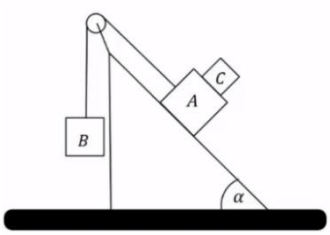
27) זריקה אופקית על מישור משופע

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



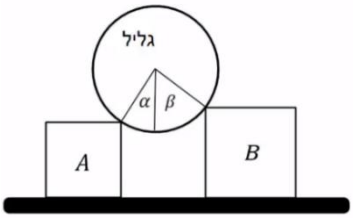
גוף A בעל מסה m_A וגוף B בעל מסה m_B מחוברים באמצעות חוט וגלגלת כמתואר באיור. גוף A מונח על מישור משופע חלק בעל זווית α. גוף C בעל מסה m_C מונח על גוף A. מקדם החיכוך הסטטי בין הגופים A ל-C הוא μ_s. הבא את התשובות באמצעות: μ_s , α , m_C , m_A.

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 μ_k?

29) גליל על שני ארגזים

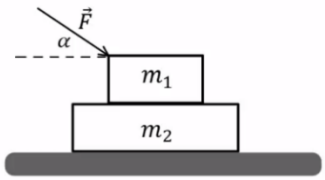


גליל אחיד שמסתו m מונח על שני ארגזים שמסותיהם: $m_A = m$ ו- $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים והם מונחים על משטח אופקי. בין הגליל לארגזים אין חיכוך. כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים רדיוסי הגליל הנוגעים בפינות הארגזים זוויות של $\alpha = 30°$ ו- $\beta = 45°$ עם האנך לקרקע, ראה איור. נתונים: m , g.

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: μ_k , μ_s.
כוח חיצוני $\vec{F}$ מופעל על הגוף העליון בזווית α מתחת לאופק.
הביעו את תשובתכם באמצעות הפרמטרים: μ_k , μ_s , g , m , α , F.

א. בהנחה שהגופים נעים יחדיו מהי התאוצה המשותפת?

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

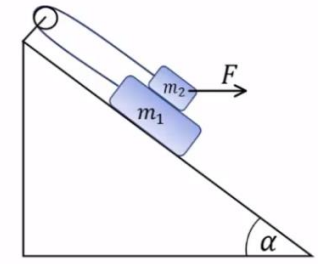
ג. מהו גודלו המקסימלי של $\vec{F}$ כך שהגופים ינועו יחדיו?

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: $F = 3mg$.

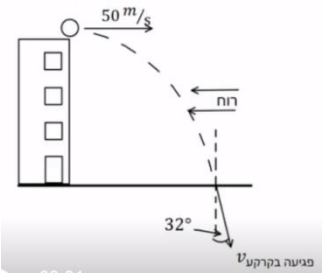
31) מסה על מסה מחוברות בגלגלת



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?

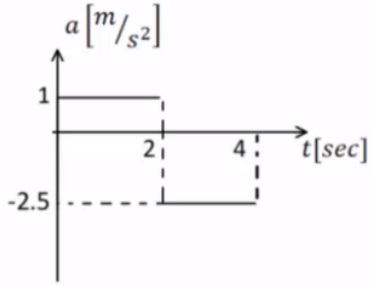
32) זריקה אופקית בהשפעת רוח*



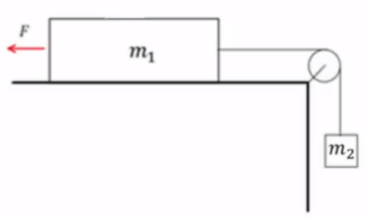
כדור נזרק מגג בניין גבוה מאוד שגובהו 80 מטרים.
הכדור נזרק אופקית במהירות של 50 מטר לשניה.
2 שניות לאחר הזריקה מתחילה לנשוב רוח שמפעילה כוח F קבוע ואופקי בכיוון המנוגד למהירות ההתחלתית.
מסת הכדור היא 500 גרם.

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.



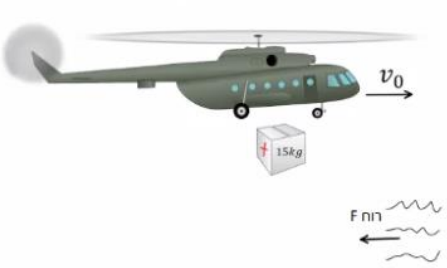
א. עבור 2 השניות הראשונות של התנועה:
i. שרטטו את הכוחות הפועלים על כל גוף.
ii. רשמו את המיקום כתלות בזמן של m_1.
iii. חשבו את m_2 ואת המתיחות בחוט.

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.

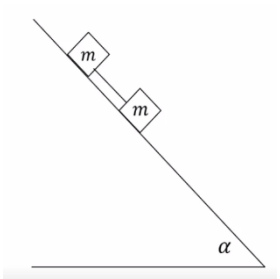
א. האם הרוח (המתבטאת כאן בכוח F קבוע שהחל לפעול 2 שניות לאחר תחילת התנועה) משפיעה על ערכם של:
   i. הזמן שלקח לחבילה להגיע לקרקע? נמק.
   ii. מהירות הפגיעה של החבילה בקרקע? נמק.

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.

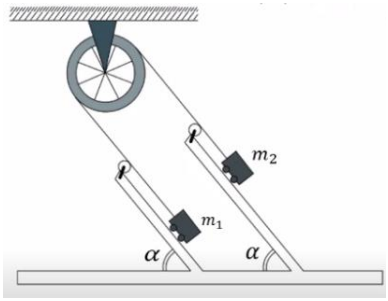
ד. בכמה מטרים הייתה מוסטת נקודת הפגיעה של החבילה בקרקע אילו לא נשבה רוח במהלך תנועתה?

35) שתי מסות מחוברות בחוט על מישור משופע



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

36) מכונת אטווד משופעת



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

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

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

ג. החוט יכול לשאת עומס מקסימאלי של $25N$.
מהו הערך המירבי של α עבורו החוט לא ייקרע?

ד. בהנחה כי כעת מחובר חוט היכול לעמוד במתיחויות גדולות מאוד,
מהי הזווית α עבורה תאוצת הגופים היא מקסימאלית?

ה. מדוע הגדלה נוספת של הזווית מעבר לזווית שמצאתם בסעיף ד', לא תמשיך ותגדיל את תאוצת הגופים ולא את המתיחות בחוט?
הניחו בסעיפים ד' ו-ה כי המרחק בין הלוחות גם הוא גדול מאוד ביחס לאורך החוט.

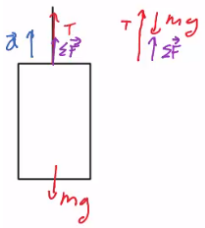
תשובות סופיות:

1) 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

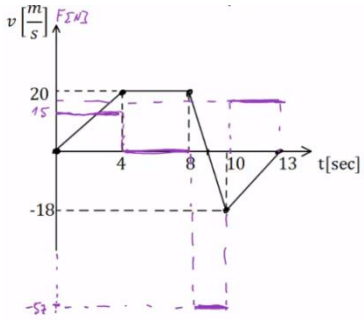
7) $m_{Yossi} = 30\text{kg}$

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:



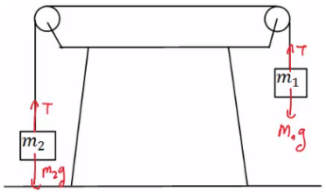
10) א. $m_{min}=1.5kg$ ב. $a=2.5\frac{m}{sec^2}$ ג. $t\approx 1.55sec$

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: $T=15N$.

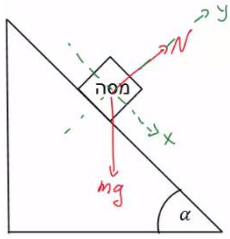
12) א. תאוצה: $a\approx 6.67\frac{m}{sec^2}$, מתיחות: $T=46.68N$.

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. $a=\frac{F}{m}\left(\cos\theta+\mu_k\sin\theta\right)-\theta_k g$ ב. $\theta=20°$ ג. $\theta_0\approx 16.6992°$

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

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

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

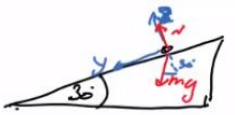
ג. $v(t=8)=4\frac{m}{sec}$

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

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

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

27) א. $\sum F_x=0$, $\sum F_y=mg\sin 30°$, $\sum F_z=N-mg\cos 30°$



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

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

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

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

29) א. $N_A=0.732mg$, $N_B=0.518mg$ ב. $\mu_s\geq 0.224$

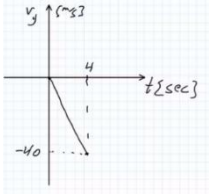
30) א. $a=\frac{F\cos\alpha}{2m}$ ב. $f_s=\frac{F\cos\alpha}{2}$ ג. $F_{max}=\frac{2\mu_s mg}{\cos\alpha-2\mu_s\sin\alpha}$

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

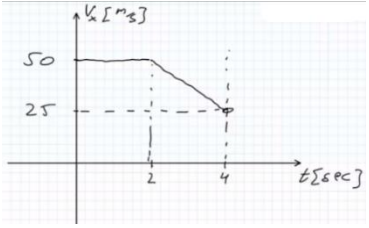
31) א. $F_{max}=31.05N$ ב. $a=1.81\frac{m}{sec^2}$

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

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

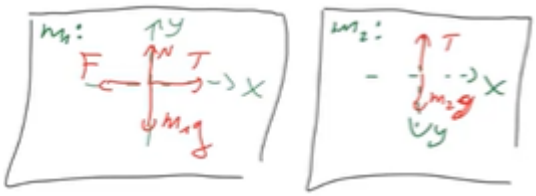


$v_x(t)=\begin{cases}50 & 0<t<2\\ 50-12.5(t-2) & 2<t<4\end{cases}$



ג. $\sigma_x=25m$

33) א.i.

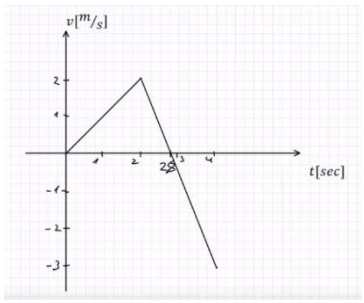


ii. $x(t)=\frac{1}{2}t^2$

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

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

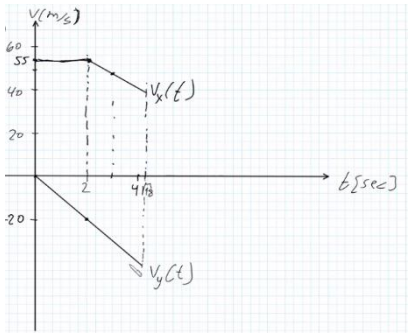
ג.



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. $\alpha_{max}=90°$

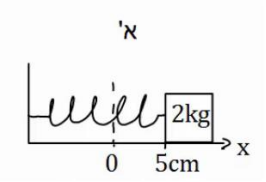
ה. המסות יתנתקו מהמשטח ויהיו תלויות אנכית, התאוצה תישאר אותו דבר כמו בזווית של $90°$.

הכוח האלסטי - קפיץ:

שאלות:

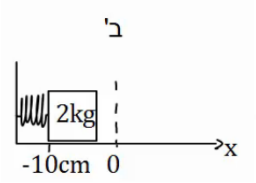
1) דוגמה 1

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)?



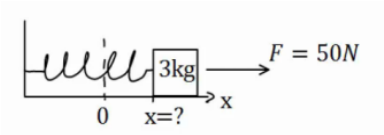
ב. דוחפים את הגוף למרחק 10 ס"מ מהנקודה בה הקפיץ רפוי ומשחררים אותו.
מהי תאוצת הגוף (גודל וכיוון)?

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

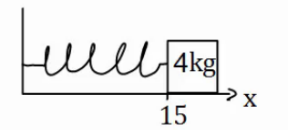
גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ: $k = 100\frac{N}{m}$.



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.

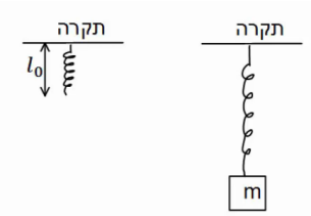
א. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 15 ס"מ מהקיר.

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.

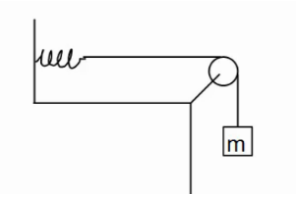


משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.

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



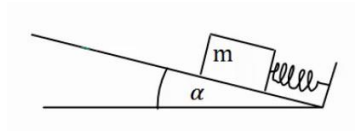
מסה $m=5gr$ תלויה באמצעות חוט, העובר דרך גלגלת אידיאלית ומחובר בצידו השני לקפיץ.
הקפיץ מחובר לקיר בצורה אופקית.
קבוע הקפיץ הוא: $k=10\frac{N}{m}$.

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?

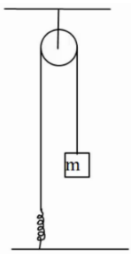
6) קפיץ בשיפוע

מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α.



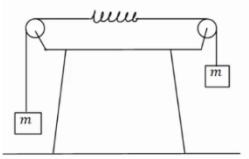
מצד המסה מחובר קפיץ בעל קבוע קפיץ k.
אין חיכוך בין המסה למשטח.
בכמה מכווץ הקפיץ ממצבו הרפוי?
התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים.

7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה



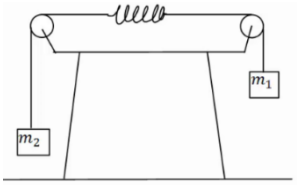
מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת אידיאלית המחוברת לתקרה.
הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k.
מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

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

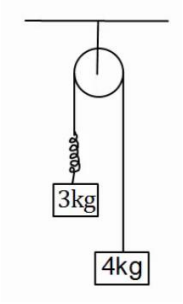
מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי.

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

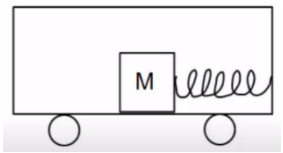
הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

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.

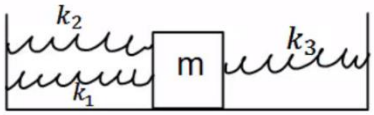
א. מהי התארכות הקפיץ אם המכונית נוסעת במהירות קבועה?

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.

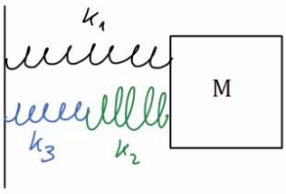
13) מסה עם שלושה קפיצים

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

ג. $x=8\text{cm}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

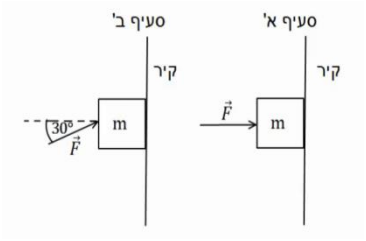
14) $a\approx 0.326\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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.

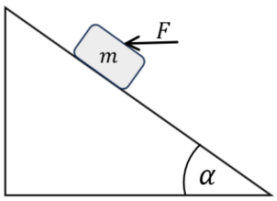


א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה?

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: $\alpha=37°$.

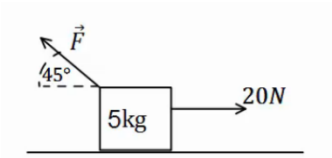


מקדם החיכוך הסטטי בין המסה למדרון הוא: $\mu_s=0.15$.

כוח אופקי F פועל על המסה ומחזיק אותה במנוחה.
מהו F המינימלי והמקסימאלי כך שהמסה תשאר במנוחה?

3) קופסה עם כוח לא ידוע

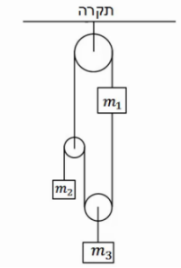
קופסה בעלת מסה של 5 ק"ג מונחת על משטח אופקי.
כוח של 20 ניוטון מושך את הקופסה ימינה במקביל לציר ה-x. בין המשטח לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הקינטי הוא: $\mu_k=0.2$.



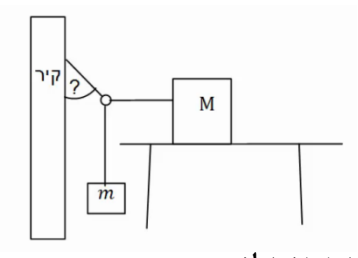
כוח נוסף מופעל על הקופסה אחורנית בזווית של $45°$.
מצא את גודלו של הכוח אם ידוע שהמסה נעה ימינה במהירות קבועה.

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.

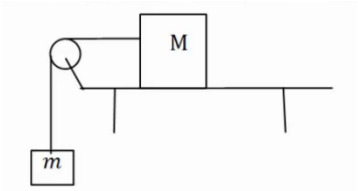


5) מסה על שולחן, מסה תלויה, טבעת וקיר



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

6) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על השולחן



קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.
הקופסה קשורה בחוט אידיאלי ודרך גלגלת אידיאלית לקופסה נוספת בעלת מסה m התלויה באוויר.
בין השולחן לקופסה קיים חיכוך, מקדם החיכוך הסטטי אינו ידוע.

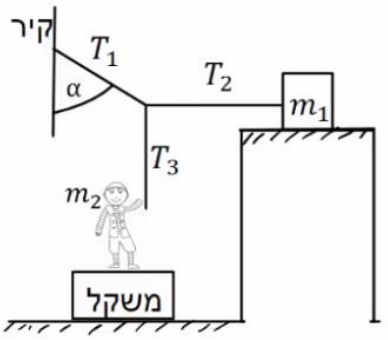
א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי, אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.

ב. מהו הכוח שמפעיל המוט המחזיק את הגלגלת על הגלגלת?

ג. מהו הכוח הכולל הפועל על השולחן מהמערכת (מסות והמוט שמחזיק את הגלגלת)?

ד. מהו הכוח הנורמלי ומהו כוח החיכוך הפועלים על השולחן מהרצפה? (התייחס למסת השולחן כנתונה).

7) נער מושך בחוטים

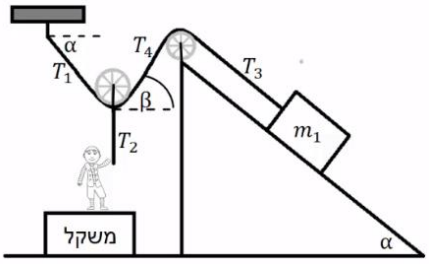


מסה m_1 מונחת על משטח אופקי לא חלק.
נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_3, כך שהמסה m_1 על סף תנועה. הנער עומד על משקל.
נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 30°, m_2 = 50kg$.
החוט T_2 אופקי ו-T_3 אנכי.
הוראת המשקל היא: 450N.

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

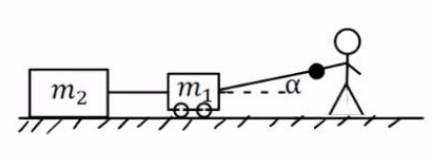


מסה m_1 מונחת על משטח משופע לא חלק.
נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_2.
החוט T_2 מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה. הנער עומד על משקל.
נתון: $\alpha = 40°, m_1 = 80kg, m_2 = 60kg$, $\mu_s = 0.2$.
החוט T_2 מאונך ו-T_3 מקביל למדרון.
הוראת המשקל היא: 120N.

א. חשב את הזווית β (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.

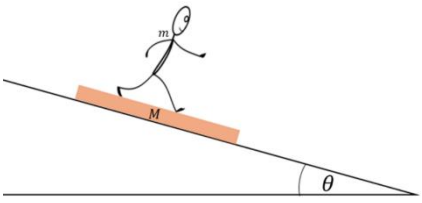


אדם מושך עגלה שמסתה $m_1 = 15kg$ באמצעות חוט.
החוט בזווית $\alpha = 30°$ עם הציר האופקי, ראה תרשים.
החיכוך בין העגלה למשטח ניתן להזנחה.
לעגלה מחוברת משקולת $m_2 = 25kg$.
מקדם החיכוך בין המשקולת למשטח שווה $\mu_k = 0.2$.
מערכת הגופים נעים במהירות קבועה.

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 θ.
אדם שמסתו $m = 0.4M$ הולך על גבי הקרש.
בין האדם לקרש קיים חיכוך. הניחו שהכוח שמפעיל האדם על הקרש קבוע ושהמישור מקובע.



א. באיזה כיוון צריך האדם ללכת כך שהקרש יישאר במנוחה?
ב. מה צריכה להיות תאוצת האדם בסעיף א?
ג. מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי המאפשר את המצב בסעיף א? (בהליכה החיכוך עם המשטח הוא סטטי למרות שיש תנועה)
ד. האדם משנה את הליכתו כך שעכשיו הוא נשאר במקום ביחס לקרקע והקרש נע ביחס לקרקע. מה כיוון הליכתו של האדם ומהי תאוצת המשטח במקרה זה?

תשובות סופיות:

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

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

6) א. $\mu_{s_{min}}=\dfrac{m}{M}$ 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. $\dfrac{7}{2}g\sin\theta$ ג. $\mu_{s_{min}}=\dfrac{\tan\theta}{0.4}$

ד. במעלה המישור. $a=1.4g\sin\theta$

כוח הכבידה – הכוח הריבועי ההפוך:

שאלות:

1) תאוצת הנפילה החופשית על הירח

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

א. מהי תאוצת הנפילה החופשית על הירח g?

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

תשובות סופיות:

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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 9 - יחידה 2 - כוח ציפה

תוכן העניינים

1. כוח ציפה 105

כוח ציפה

רקע

כוח ציפה – כוח הפועל על גוף בנוזל. כיוונו הפוך לכוח הכובד.

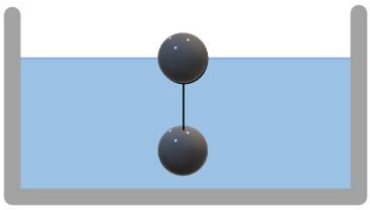
$$F_b = \rho_l V g$$

כאשר ρ_l היא צפיפות הנוזל ו- V הוא נפח הגוף.

שאלות

1) שני כדורים קשורים בחוט בתוך המים

שני כדורים בעלי נפח זהה $V = 20c.m^3$ קשורים בחוט זה לזה.
מניחים את הכדורים במים ולאחר זמן רב רואים שהמערכת התייצבה כך שכדור 1 נמצא כולו בתוך המים ורק חצי מנפחו של כדור 2 שקע לתוך המים, ראה איור.
המסה של כדור 1 גדולה פי 4 מזו של כדור 2.



א. מהי המסה של כל כדור?

ב. מהי צפיפות המסה של כל כדור?

תשובות סופיות

1) א. $m_1 = 24gr$, $m_2 = 6gr$ ב. $\rho_1 = 1.2\frac{gr}{c.m^3}$, $\rho_2 = 0.3\frac{gr}{c.m^3}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 10 - יחידה 3 - עבודה ואנרגיה

תוכן העניינים

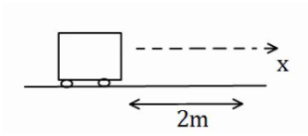
1. העבודה שמבצע כוח 106
2. אנרגיה קינטית והקשר לעבודה 108
3. אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה 109
4. עבודת החיכוך וחום 112
5. אנרגיה פוטנציאלית אלסטית-קפיץ 114
6. חוק שימור האנרגיה- הרחבה ..... (ללא ספר)
7. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
8. תרגילים 115
9. אנרגיה פוטנציאלית-כובדית 120
10. הספק 121

העבודה שמבצע כוח:

שאלות:

1) דוגמה 1

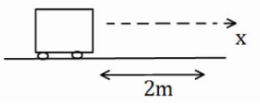
כוח F שגודלו 5N פועל על גוף הנע מרחק של שני מטרים בכיוון ציר ה-x.
חשב את עבודת הכוח אם כיוונו הוא:



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:



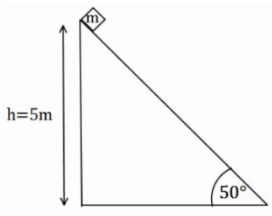
א. בכיוון ציר ה-y.
ב. בכיוון $30°$ מעל ציר ה-x השלילי.
ג. בכיוון $30°$ מתחת לציר ה-x השלילי.

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 $(3,5)$.

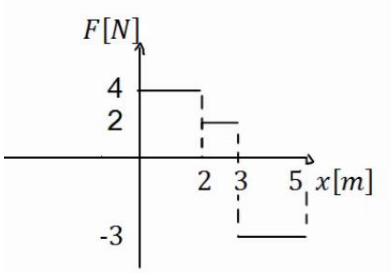
חשב את עבודת הכוחות הבאים הפעלו על הגוף:

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. $W=0$

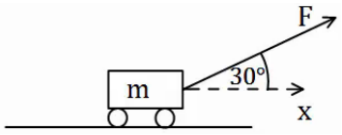
6) א. $W=4J$ ב. $W=-6J$

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.

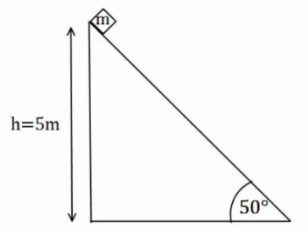


א. שרטט תרשים כוחות הפועלים על הקרונית.

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

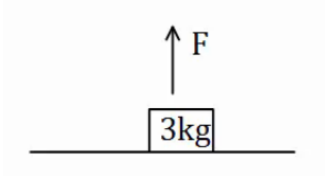


גוף שמסתו $m=2kg$ מחליק על מישור משופע מגובה 5 מטרים ועד לתחתית המישור.
זווית השיפוע של המישור היא $50°$.
מקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k=0.2$.

א. מצא את עבודת הכוחות.

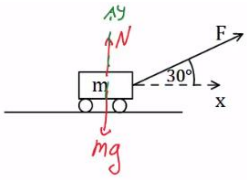
ב. מהי מהירות הגוף בתחתית המדרון, אם התחיל ממנוחה?

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

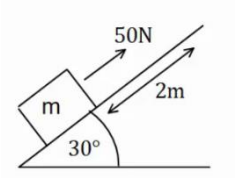
ב. $v_F\approx 9.12\frac{m}{sec}$

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

אנרגיה כללית ומשפט עבודה אנרגיה:

שאלות:

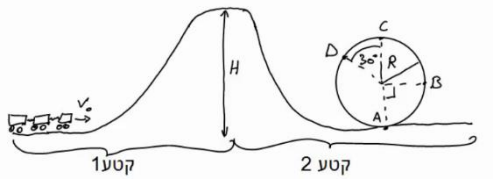
1) כוח מעלה במדרון משופע



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.

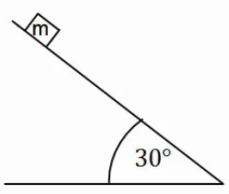


בקטע הראשון כוח F מושך את הרכבת כלפי מעלה במהירות קבועה עד לשיא הגובה H.
בשיא הגובה הכוח נפסק ולאחר מכן הרכבת נעצרת (באמצעות מעצור) למספר שניות, על מנת שהנוסעים יוכלו לפחד לקראת הנפילה.
בקטע השני הרכבת נופלת (ללא הכוח F) ומבצעת סיבוב אנכי - "לופ".
התייחס למסת הרכבת והנתונים באיור כפרמטרים נתונים.

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

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

3) מסה מחליקה במדרון



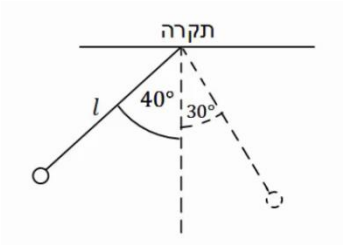
מסה $m=4kg$ מונחת במנוחה בגובה $h=5m$ על מדרון משופע.
שיפוע המדרון הוא $30°$.

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.

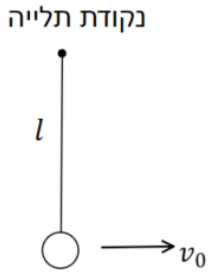
א. מהי עבודת כוח המתיחות לאורך התנועה?

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:

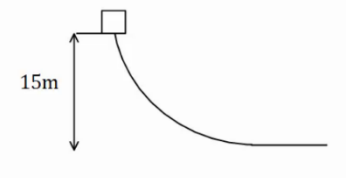
חום (Q) - האנרגיה הנוצרת מחיכוך קינטי.
כמות החום שנוצרת בתהליך שווה לעבודה של כוח החיכוך הקינטי (והפוכה בסימן, כי העבודה שמבצע החיכוך הקינטי על הגוף שלילית)

$$Q = -W_{f_k}$$

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

שאלות:

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

2) גוף נופל ממסלול עקום


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

תשובות סופיות:

1) $-132.5J$

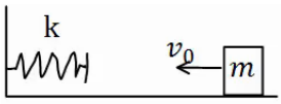
2) $Q = 275J$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ:

שאלות:

1) מסה וקפיץ במישור אופקי

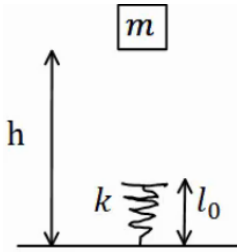
מסה $m=50gr$ נעה במהירות $v_0=5\frac{m}{sec}$ על משטח אופקי חלק.
המסה נעצרת על ידי קפיץ אופקי אידיאלי (חסר מסה)
בעל קבוע קפיץ $k=10\frac{N}{m}$. הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.



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:

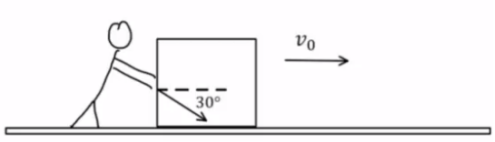
1) א. $v_F\approx 4.95\frac{m}{sec}$ ב. $\Delta x\approx 35.4cm$ ג. $v\approx 4.72\frac{m}{sec}$, $\Delta x\approx 33cm$

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.

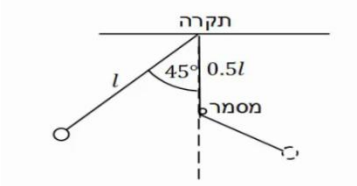
ב. חשבו את העבודה שמבצע כל אחד מהכוחות?

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.

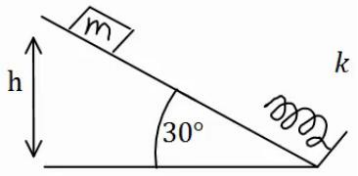
ה. חשבו את תאוצתו של הארגז משיקולי כוחות ומצאו את מהירותו הסופית באמצעות התאוצה שחישבתם.

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



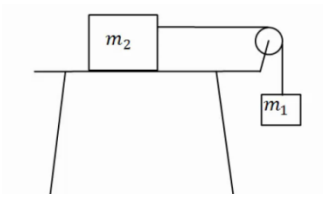
מסה $m = 20gr$ מחליקה מגובה $h = 1m$, וממנוחה, על מדרון משופע בזווית של $30°$.
בתחתית המדרון המסה מתנגשת בקפיץ אידיאלי בעל קבוע קפיץ $k = 100\frac{N}{m}$ ואורך רפוי של 15 ס"מ.

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.

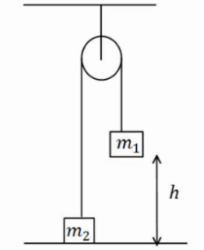
ב. מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה m_1.

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

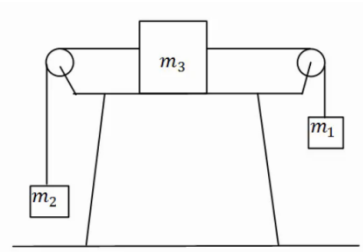
במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.



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.

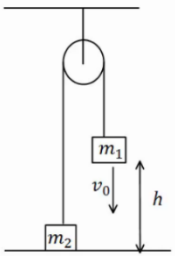


א. מצא את המהירות כתלות בהעתק של m_1.
הנח שהשולחן חלק.

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.



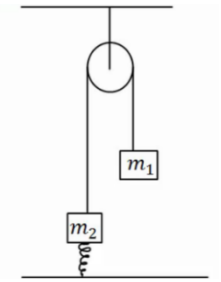
נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h.
נותנים ל-m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה שגודלה v_0.

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.

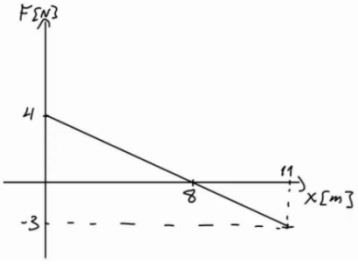
נתון: $m_1 = 4kg \ , m_2 = 2kg, \ k = 10\frac{N}{m}$.

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 $3m$.

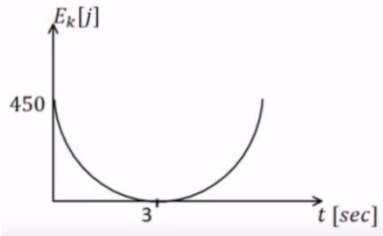
בכל פעם שהכדור פוגע ברצפה הוא מאבד 8% מהאנרגיה שלו.

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.

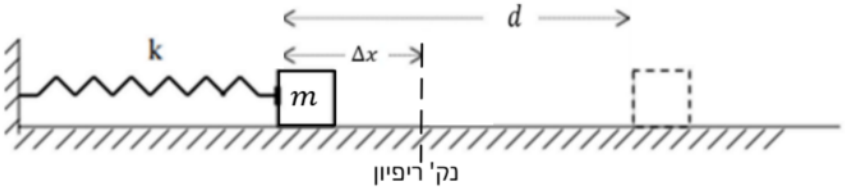
ד. חשב את עבודת כוח הכובד:

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

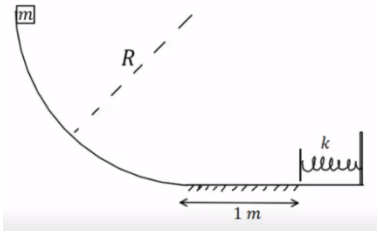
גוף שמסתו $m=0.3kg$ נלחץ אל קפיץ אופקי ומכווץ את הקפיץ ב- $\Delta x=0.2m$ כמוראה בציור. לאחר שחרורו, נע הגוף מרחק $d=0.6m$ על שולחן אופקי לא חלק עד עומדו (הגוף אינו מחובר לקפיץ, הוא מנתק מגע עם הקפיץ כאשר הקפיץ מגיע לאורכו הרפוי). קבוע הכוח של הקפיץ הוא: $k=14\frac{N}{m}$.



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



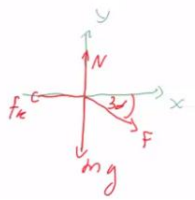
גוף בעל מסה $m=2kg$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך בצורת רבע מעגל ברדיוס $R=2m$. בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי שאינו חלק באורך 1 מטר.
מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3.
בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי, הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיווץ מקסימלי של 0.1 מטר.
החלק עליו נמצא 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) $v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}}$

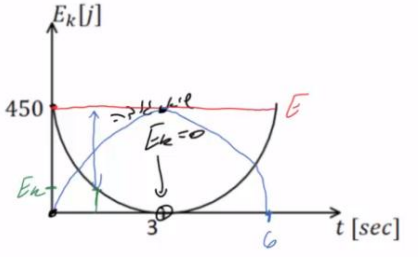
6) א. $v = \sqrt{6\Delta x}$ ב. $v = \sqrt{4.8\Delta x}$

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. $W_g = -300J$

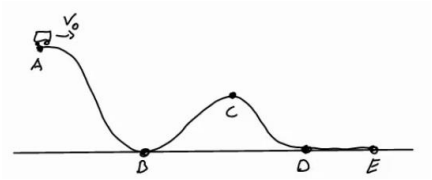
12) א. 0.156 ב. $1.12\frac{m}{sec}$

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

אנרגיה פוטנציאלית-כובדית:

שאלות:

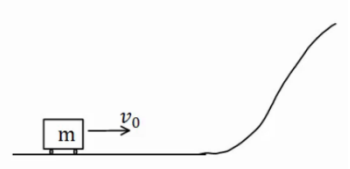
1) רכבת הרים



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. $v_F = \pm v_0$

הספק:

שאלות:

1) דוגמה 1

מכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומגיעה למהירות של 100 קמ״ש ב-10 שניות.
מסת המכונית היא 1 טון. הניחו כי אין חיכוך עם האוויר.

א. מהי העבודה שהתבצעה על המכונית?

ב. מהו ההספק של המנוע בהנחה שהוא קבוע ומנוצל במלואו (הנחה לא נכונה)?

2) דוגמה 2

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

3) הספק ממוצע לשנות מהירות

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

4) רכבת צעצוע חשמלית

רכבת צעצוע חשמלית מורכבת מ 10 קרונות. הקרון הראשון והשני מכילים מנוע חשמלי ושוקלים 2 ק״ג כל אחד. שאר הקרונות עמוסים בצעצועים ושוקלים 3 ק״ג כל אחד. כל אחד מן המנועים מייצר הספק קבוע של $0.2KW$.

א. כמה זמן ייקח לרכבת להגיע למהירות של 10 מטר לשנייה, אם התחילה לנוע ממנוחה?

ב. מהי האנרגיה הקינטית של הקרון הראשון ומהי האנרגיה הקינטית של הקרון השני, כאשר הרכבת נעה במהירות שחישבת בסעיף א׳?

ג. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון הראשון לשני על הקרון השני בזמן ההאצה.

ד. חשב את העבודה שביצע הכוח שפעל בחיבור בין הקרון השני לשלישי על הקרון השלישי בזמן ההאצה.

ה. הרכבת מגיעה לעלייה עם שיפוע של 2 מעלות,
מה צריך להיות הספק המנועים (בהנחה שהם שווים),
על מנת שהרכבת תישאר במהירות קבועה של 10 מטר לשנייה?

5) הספק כאשר נתון מיקום כתלות בזמן

כוח יחיד פועל על גוף שמסתו $4kg$, הכוח הפועל בכיוון התנועה והמיקום כתלות בזמן של הגוף הוא: $x(t)=2+3t+t^2$ ביחידות m.k.s.

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

ב. מהו ההספק של הכוח ב- $t=2\sec$?

תשובות סופיות:

1) א. $\Delta E_k \approx 385,800J = W_{\sum \vec{F}}$ ב. $p=51.7HP$

2) $p=11.18HP$

3) $F=2500N$, $\bar{p}\approx 16.76HP$

4) א. $\Delta t=3.5\sec$ ב. $E_{k_1=100J}=E_{k_2}$ ג. $W_{1\to 2}=600J$

ד. $W_{3\to 2}=1200J$ ה. $p=97.7W$

5) א. $W=144J$ ב. $p(t=2)56W$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 11 - יחידה 3 - תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל

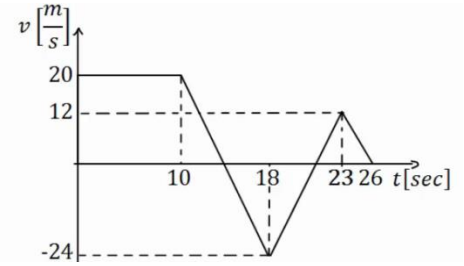
תוכן העניינים

1. תנועה בקו ישר -שאלה עם גרף 123
2. תנועה במישור- רקטה ממסתור 125
3. אנרגיות וזריקה משופעת- בוכנה עם קפיץ 126
4. כוח מושך במורד מדרון 127
5. תרגילים נוספים 128

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.

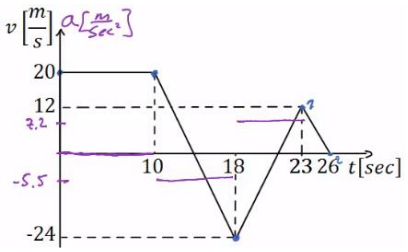
ו. רשום משוואת מיקום-זמן עבור הגוף.

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.



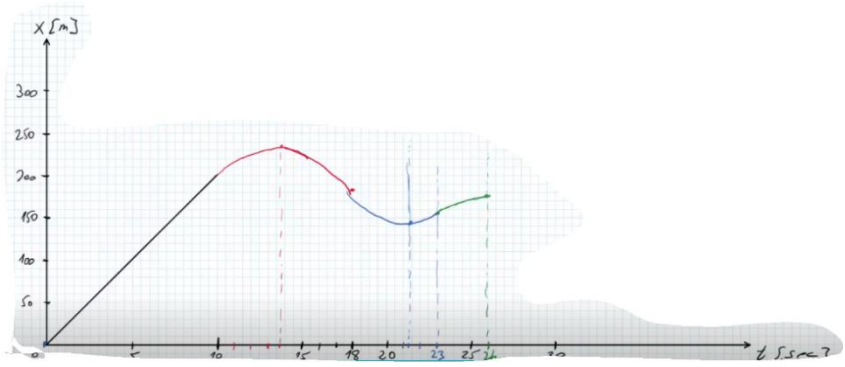
ג. בזמן : $t\approx 13.64$, הגודל : $\Delta x_{\max}=236.4\text{m}$.

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

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.



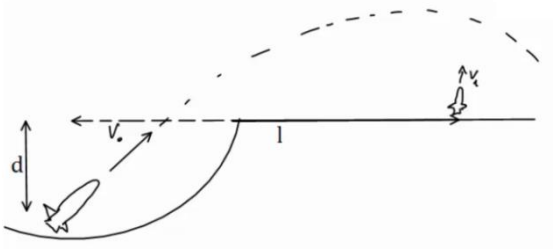
תנועה במישור – רקטה ממסתור:

שאלות:

1) רקטה יוצאת מנקודת מסתור במהירות v_0 ובזווית θ ביחס לאופק.
גובה המסתור הוא d מטרים מתחת לקרקע.
במרחק אופקי I 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:

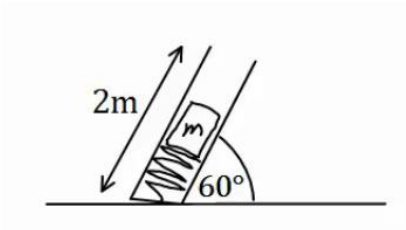
1) מכניסים מסה 4kg לתוך בוכנה המכילה קפיץ רפוי.
אורכו הרפוי של הקפיץ הוא כאורך הבוכנה 2m.
הבוכנה נמצאת בזווית 60 מעלות ביחס לקרקע.
לוחצים את המסה לתוך הבוכנה כך שהקפיץ מתכווץ 1 מטר ומשחררים.
קבוע הקפיץ הוא: $k=200\frac{\text{N}}{\text{m}}$.

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

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

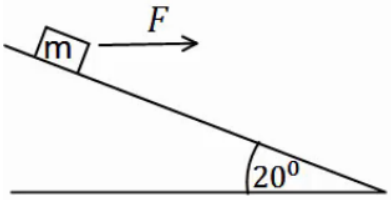
ג. מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?

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:

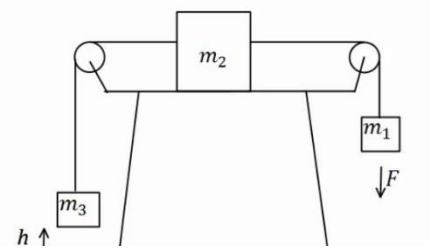
1) במערכת הבאה גדלי המסות הן : $m_1 = 1kg, m_2 = 2kg, m_3 = 3kg$ ברגע $t = 0$.
המערכת נמצאת במנוחה והגובה של m_3 מעל הקרקע הוא $h = 50cm$.
באותו הרגע פועל כוח $F = 32N$ על m_1 במשך 2 שניות.
הנח ש- m_2 לא פוגעת באף גלגלת במהלך התנועה ו- m_1 לא פוגעת בקרקע.
בין m_2 למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא $\mu_k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

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?



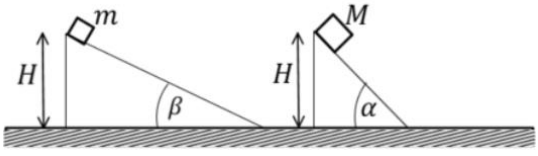
2) השוואה בין שני מישורים

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

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. $v_M > v_m \ , \ t_M < t_m$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 12 - יחידה 4 - מתקף ותנע

תוכן העניינים

1. מתקף 130
2. תנע ושימור תנע 131
3. התנגשות אלסטית 135
4. התנגשות פלסטית ורתע 136
5. מקרים מיוחדים 137
6. תרגילים נוספים 138

מתקף:

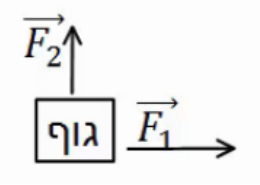
שאלות:

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: $\Delta t = 0.5\text{sec}$.

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

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

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

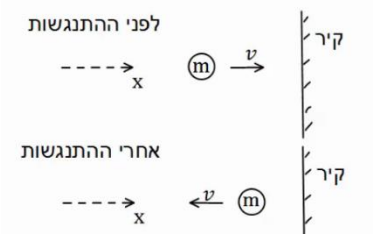
ג. $\sum\vec{F} = 2\hat{x}+3\hat{y}$, גודל: $\left|\vec{J}_T\right| \approx 1.8\text{N}\cdot\text{sec}$.

תנע ושימור תנע:

שאלות:

1) כדור מתנגש בקיר

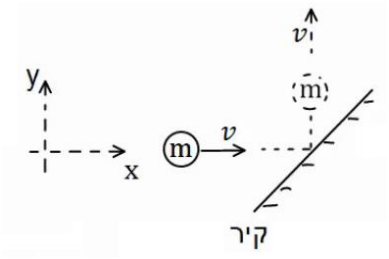
כדור בעל מסה $m=0.5kg$ נע במהירות $v=5\frac{m}{sec}$ בכיוון ציר ה- x.
ברגע מסויים הכדור מתנגש בקיר וחוזר חזרה באותה מהירות.
התעלם מכוח הכובד.



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).

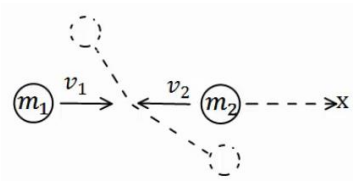
א. מהו התנע הכולל לפני ההתנגשות?
ב. השתמש בחוק שימור התנע ומצא את מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות.
ג. מהו המתקף שפעל על כדור 1?
ד. מהו המתקף שפעל על כדור 2?
ה. מהו המתקף שפעל על כל המערכת?

5) התנגשות דו-מימדית

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

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

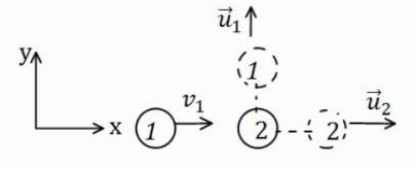
הכדורים מתנגשים ולאחר ההתנגשות כדור אחד נע בזווית של 30 מעלות מתחת לציר ה-x וכדור 2 נע בזווית של 120 מעלות עם ציר ה-x החיובי.



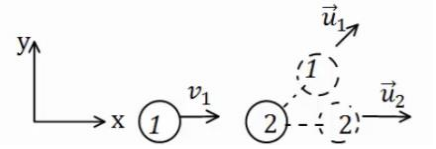
א. מצא את גודל מהירויות הכדורים לאחר ההתנגשות.
ב. מה המתקף שפעל על כל כדור?

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?

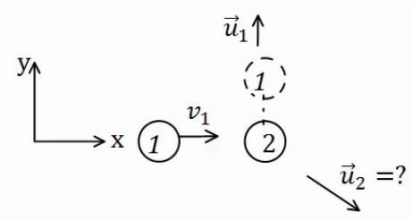
ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה- x לאחר ההתנגשות?

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 $m_1 = 3\text{kg}$ ומהירותו היא $v_1 = 12\frac{\text{m}}{\text{sec}}\hat{x}$.
הכדור פוגע בכדור מספר 2 שמסתו היא $m_2 = 4\text{kg}$
הנמצא במנוחה.

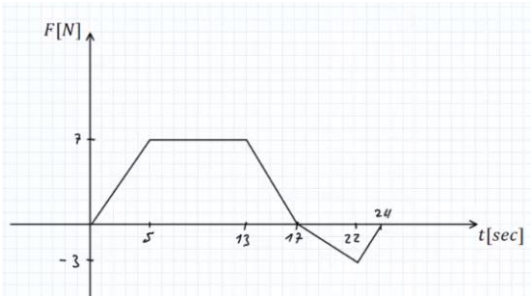
מהירותו של כדור 1 לאחר ההתנגשות היא $u_1 = 8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ (בכיוון ציר ה- y החיובי בלבד).

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- $t = 17\text{sec}$, מהי מהירות הגוף באותו הרגע?

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

ג. מהו המתקף שפעל על הגוף במשך הזמן $17\text{sec} < t < 24\text{sec}$?
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. $u_2=2.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $u_1=5.78\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ 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. $v_F(t=17\text{sec})=43.75\frac{m}{\text{sec}}$, $J=87.5\text{N}\cdot\text{sec}$

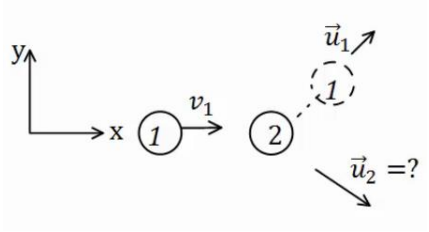
ב. $v(t=24\text{sec})=38.5\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $J=77N\cdot\text{sec}$

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:

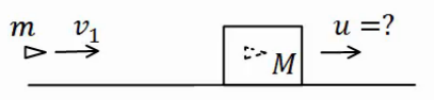
1) מסה: $m_2 \approx 1.45kg$, מהירות: $u_{2_y} = -9.75\frac{m}{sec}$, $u_{2_x} = 17.86\frac{m}{sec}$.

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) $u_2 = -\frac{2}{3}\frac{m}{sec}$

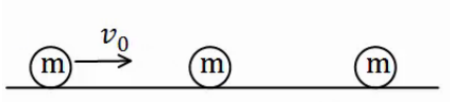
3) א. $u_2 = 948\frac{km}{hr}$ ב. $u_{2_y} = 33.34\frac{m}{sec}$, $u_{2_x} \approx 192.3\frac{m}{sec}$

מקרים מיוחדים:

שאלות:

1) פגיעה כפולה

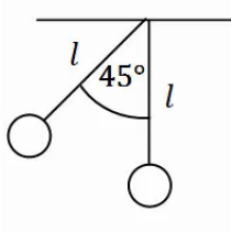
שלושה כדורים זהים נמצאים על מישור אופקי חלק.
הכדור השמאלי נע במהירות v_0 כלפי הכדור האמצעי.
מצא את מהירויות כל אחד מהגופים לאחר כל התנגשות, אם:



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. $\theta_{max} = 45°$

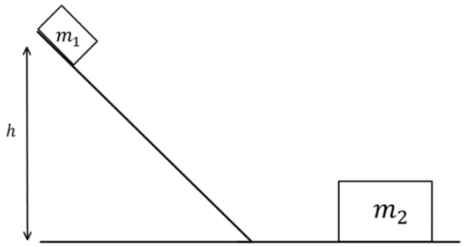
ד. התהליך חוזר על עצמו לנצח. ה. (ב) $u = \frac{1}{2}v$, (ג) $\theta \approx 21.95°$

3) $u_1 = -0.35v$, $u_2 = 0.45v$

תרגילים נוספים:

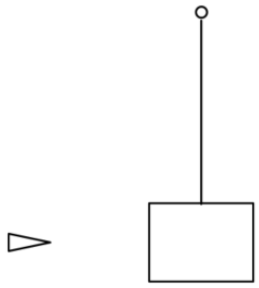
שאלות:

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 הראשן
בחזרה במעלה המדרון? אין חיכוך בין הגופים למשטחים.

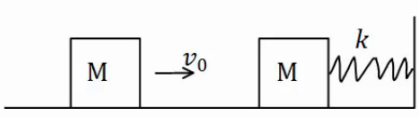
2) קליע חודר מטוטלת בליסטית



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?

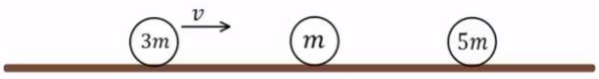
3) שתי מסות וקפיץ

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



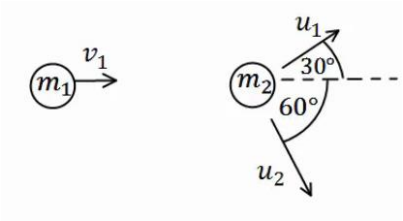
שלושה כדורים מונחים על משטח אופקי חלק כפי שמתואר באיור.
הכדור השמאלי בעל מסה 3m נע במהירות v ומתנגש התנגשות אלסטית בכדור בעל מסה m הנמצא במנוחה. שתי שניות לאחר מכן מתנגש הכדור בעל מסה m בכדור בעל מסה 5m הנמצא במנוחה התנגשות פלסטית.

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

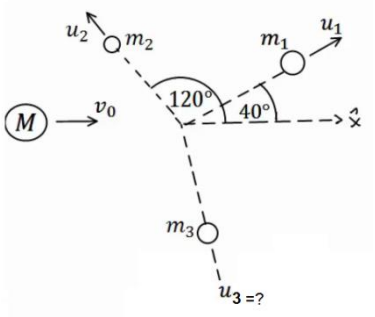


כדור בעל מסה $m_1 = 2kg$ ומהירות $v_1 = 10\frac{m}{sec}$,
מתנגש בכדור בעל מסה $m_2 = 3kg$ הנמצא במנוחה.
לאחר ההתנגשות, הכדור הראשון נע בכיוון 30 מעלות מעל לכיוון הפגיעה, והכדור השני נע בזווית 60 מעלות מתחת לכיוון הפגיעה (ראה איור).

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.

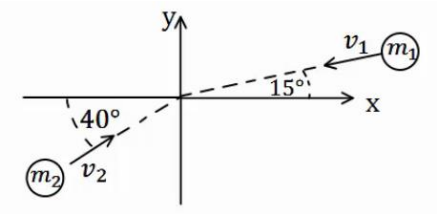
מסת החלק השני היא $m_2 = 2kg$ והוא נע במהירות $u_2 = 10\frac{m}{sec}$ בזווית של 120 מעלות ביחס לכיוון המקורי. מסת החלק השלישי היא $7kg$.
מצא את מהירות החלקיק השלישי.

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

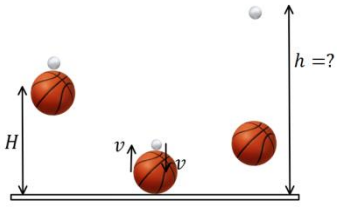
כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H = 1.5m$.

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

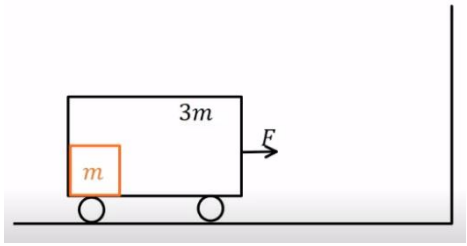
ארגז שמסתו m מונח בתוך קרונית סגורה בצמוד לדופן השמאלי של הקרונית.

מסת הקרונית היא 3m והיא מתחילה ממנוחה.

מפעילים כוח F קבוע ימינה במשך T שניות.

אין חיכוך בין הקרונית לקרקע.

נתון: m , T , F.



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?

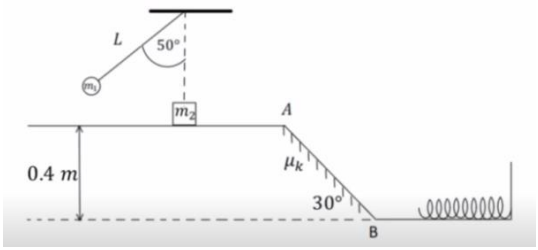
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות הפלסטית של הארגז בדופן הימנית?

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?

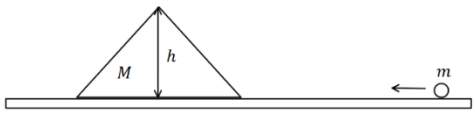
ד. מהי ההתכווצות המקסימלית של הקפיץ?

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 $l_0 = 0.4m$.

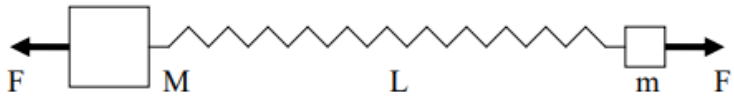
על הגופים פועלים שני כוחות, F, שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.

המערכת נמצאת במנוחה כאשר הקפיץ מתוח ואורכו הוא L (ראה ציור).

א. מה תהיה המתיחות וההתארכות בקפיץ כאשר $F = 15N$?

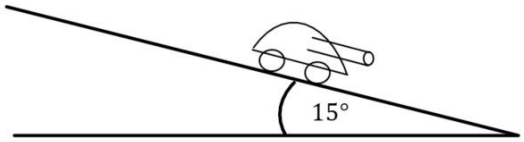
ב. במקרה אחר, משחררים את המערכת ממצב של מנוחה כאשר $L=0.6m$ ו- F לא ידוע. מה יהיה אורכו של הקפיץ כאשר הוא מגיע להתכווצותו המקסימלית לאחר השחרור?

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.

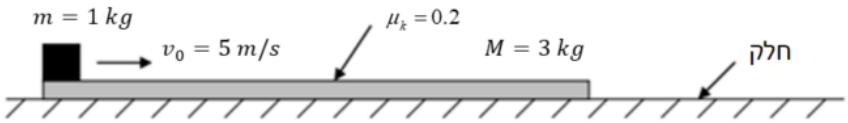
א. חשבו את המהירות המשותפת של הקובייה והלוח, לאחר עצירת הקובייה על הלוח ביחס למעבדה.

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. $t=10\sec$

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) $h\approx12.3\text{m}$

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. $\Delta l_{max}\approx0.285\text{m}$ 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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 13 - יחידה 4 - תנועה מעגלית

תוכן העניינים

1. תיאוריה ודוגמאות 144
2. תאוצה זוויתית 148
3. תרגילים נוספים 150

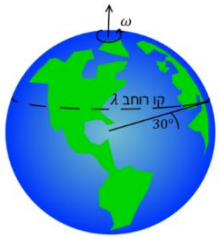
תיאוריה ודוגמאות:

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 $\lambda = 30°$?

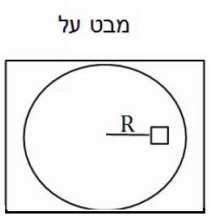
3) אבן קשורה לחוט

אבן קשורה לחוט באורך $l = 1.5m$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות זוויתית של $\omega = 3\frac{rad}{sec}$. התעלם מכוח הכובד. $m = 2kg$.

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 ω 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 μ_s.

5) גוף מסתובב במהירות קבועה

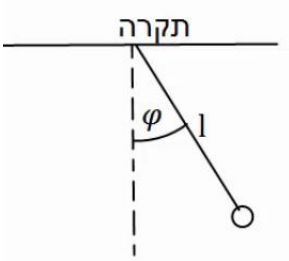
גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3m$ במהירות קבועה $v = 6\frac{m}{sec}$.

א. מהי המהירות הזוויתית של הגוף?

ב. מהי התדירות וזמן המחזור של הגוף?

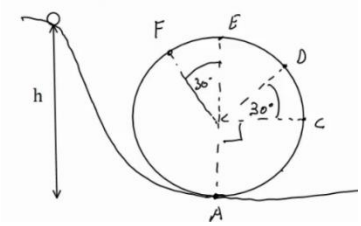
ג. כמה זמן לקח לגוף לעשות שניים וחצי סיבובים?

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 $R = 2m$.

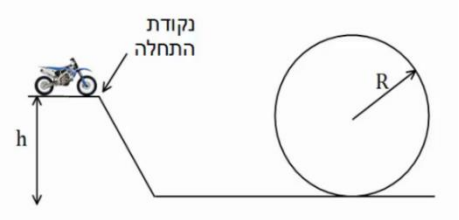
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור. (רמז: שימור אנרגיה).

ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.

ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.

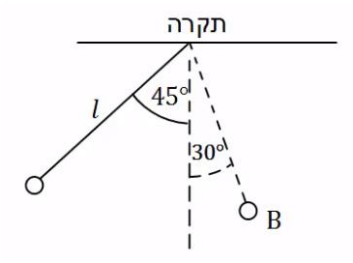
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.

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.

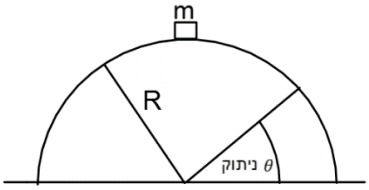
א. מהי מהירות המסה בתחתית המסלול?

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. $T_B=1.19mg$, $v_B=\sqrt{0.32gl}$

ד. $T=\frac{1}{\sqrt{2}}mg$

10) $\theta=41.8°$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) גוף נע במעגל

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

א. מצאו ביטוי למהירות הזוויתית כתלות בזמן.

ב. מהי המהירות הזוויתית ב-$t = 3\text{ sec}$?
מהן המהירות הקווית והתאוצה הרדיאלית באותו הרגע?

ג. מצאו ביטוי לזווית כתלות בזמן.

ד. כמה זמן לקח לגוף לעשות סיבוב אחד?
כמה זמן לקח לגוף לעשות שני סיבובים?

ה. מצאו את הדרך שעשה הגוף כתלות בזמן.

2) פטיפון מסובב תקליט בתאוצה זוויתית

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

א. כמה זמן ייקח לתקליט להגיע למהירות זוויתית של: $0.8\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$?

ב. כמה "הסתובב" התקליט ב-2 השניות הראשונות?
(כלומר מה השינוי בזווית של כל נקודה בתקליט)

ג. כמה זמן לקח לתקליט להשלים סיבוב?

ד. כמה זמן לקח לתקליט להשלים 3 סיבובים?

ה. 5 שניות לאחר תחילת הסיבוב מניחים את המחט במרחק של 20cm ממרכז התקליט.
מה מהירות החלק של התקליט שנוגע במחט באותו הרגע?

3) אצן מאיץ במסלול מעגלי

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

א. מהי התאוצה המשיקית של האצן?
ב. מהי התאוצה הזוויתית של האצן?
ג. כמה השתנתה הזווית של האצן במשך עשר השניות?
ד. מהי התאוצה הרדיאלית של האצן כתלות בזמן?

תשובות סופיות:

1) א. $\omega(t) = 0.1t$. ב. $\omega = 0.3\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, $v = 0.6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $a_r = 0.18\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.
ג. $\theta(t) = 0.05t^2$. ד. $t_1 \approx 11.2\text{sec}$, $t_2 \approx 15.9\text{sec}$. ה. $S = 0.1t^2$.

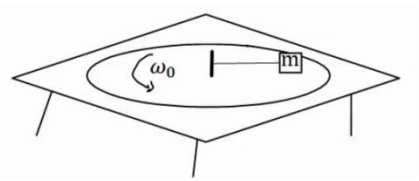
2) א. 4sec. ב. 0.4rad. ג. 7.9sec. ד. 13.7sec.
ה. $0.2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

3) א. $0.5\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$. ב. $0.025\frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$. ג. 12.5rad. ד. $0.0125t^2$.

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מסה על דיסק קשורה בחוט

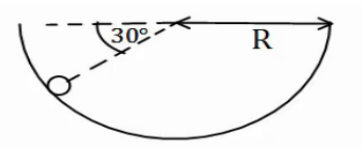


מסה m נמצאת על דיסק המסתובב על גבי שולחן.
המסה קשורה בחוט למוט במרכז השולחן.
המוט מסתובב ביחד עם כל הדיסק.
נתון כי המסה מסתובבת עם הדיסק במהירות זוויתית ω_0.
מהי המתיחות בחוט אם אורכו L?

2) קרוסלה בלונה פארק

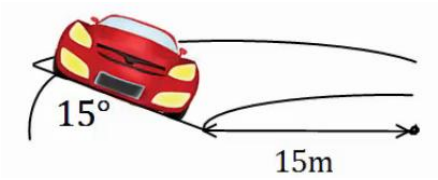
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.
רדיוס "הכתר" הוא $R = 5m$ אורך כל כבל הוא $l = 4m$.
הזווית ביחס לאנך לרצפה בה נטוי כל כבל היא 40 מעלות.
כמה זמן לוקח לקרוסלה להשלים סיבוב?
שים לב שרדיוס הכתר הוא לא רדיוס הסיבוב.

3) כדור בקערה כדורית



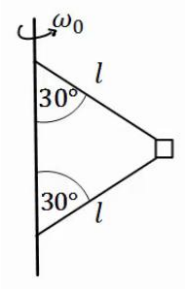
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R.
מניחים את הכדור בזווית של 30 מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף.
מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור יישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?

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?

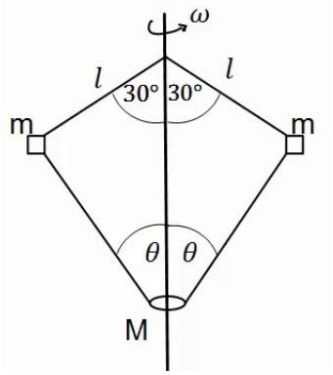
5) מסה קשורה לעמוד מסתובב



בציור הבא מסה m קשורה דרך שני חוטים למוט, המסתובב במהירות זוויתית נתונה ω_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 $l = 20\text{cm}$.

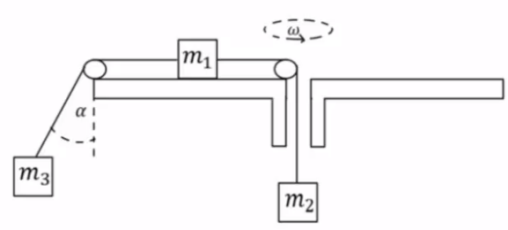


המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה $M = 0.5\text{kg}$, באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
המוט מסתובב במהירות זוויתית $\omega = 20\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ?

7) מסה על שולחן מסתובב קשורה לשתי מסות

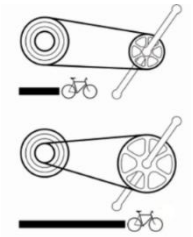
גוף שמסתו $m_1 = 5\text{kg}$ מונח על דיסק חלק המסתובב במהירות זוויתית $\omega = 2\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.
הגוף קשור מצד אחד למסה $m_2 = 3\text{kg}$ באמצעות חוט העובר דרך חור במרכז הדיסק. מצד שני הגוף קשור למסה $m_3 = 1\text{kg}$ באמצעות חוט היוצא מקצה הדיסק בזווית α, לא ידועה, ביחס לאנך מהדיסק.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



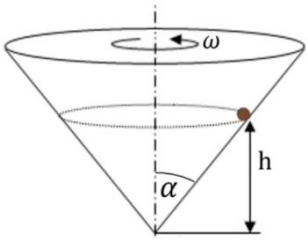
ב. מהי המתיחות בכל חוט?
ג. מהי הזווית α?
ד. מהו R_3?

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

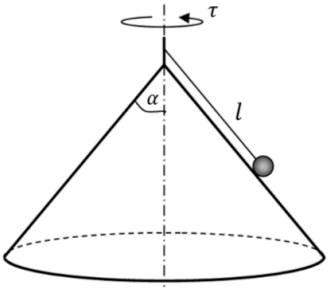


מסובבים חרוט בעל חצי זווית ראש α במהירות זוויתית ω .
כדור קטן מסתובב ביחד עם החרוט בגובה קבוע.

א. הניחו כי אין חיכוך ומצאו מהו הגובה h כתלות ב- α וב- ω?

ב. מהו הכוח השקול הפועל על הכדור?

10) כדור על חרוט הפוך



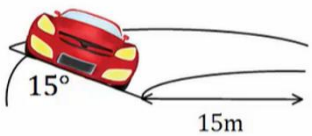
באיור הבא הכדור מחובר באמצעות חוט לציר המחובר לראש החרוט.
מסובבים את החרוט והכדור מסתובב איתו.
נתונים: אורך החוט l, חצי זווית הראש של החרוט α וזמן המחזור של הסיבוב τ.

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?

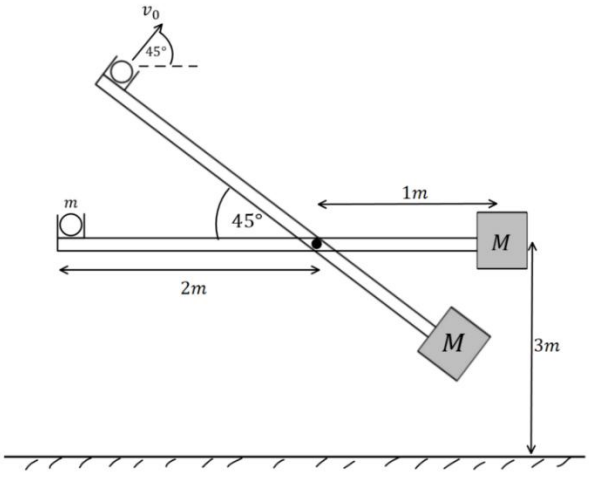
13) מתקן לשיגור כדור

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*

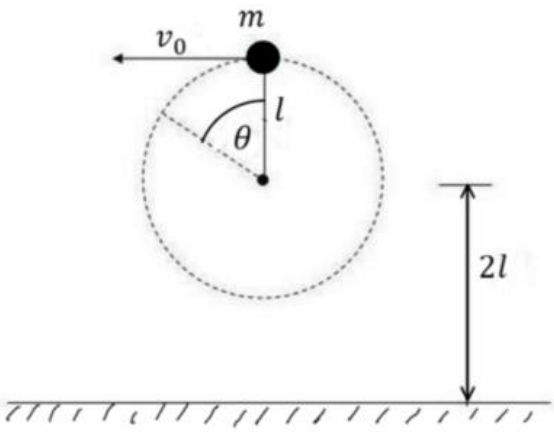
כדור קטן שמסתו m קשור לקצהו של חוט שאורכו l.
הכדור מסתובב במעגל אנכי שמרכזו בגובה 2l מעל הרצפה.
כאשר החוט מתוח והכדור נמצא אנכית מעל ציר סיבוב
מעניקים לו מהירות אופקית v_0.

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 θ 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) $t \approx 5.98sec$

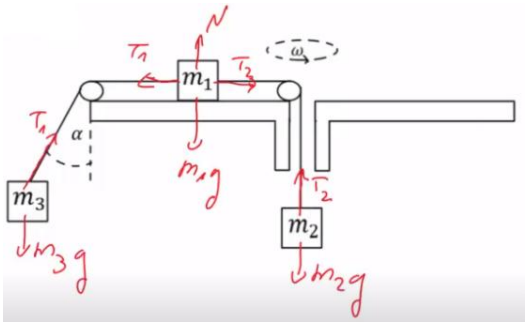
3) $v_0 = \sqrt{\frac{3}{2}\mathrm{Rg}}$

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. למרכז המעגל $\sum F = \frac{g}{\tan\alpha}$

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. $0.3sec$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 14 - יחידה 4 - תנועה הרמונית

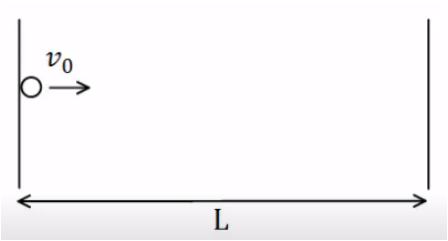
תוכן העניינים

1. תנועה מחזורית 156
2. תנועה הרמונית 157
3. קפיץ אנכי 161
4. תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע 162
5. אנרגיה בתנועה הרמונית 163
6. מטוטלת מתמטית 164
7. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
8. תרגילים נוספים 165
9. הוכחה לנוסחאות דרך תנועה מעגלית ..... (ללא ספר)

תנועה מחזורית:

שאלות:

1) כדור נע בין שני קירות



כדור נע בין שני קירות במהירות $v_0 = 2\frac{m}{sec}$.
התנגשות הכדור עם הקירות היא אלסטית.
המרחק בין הקירות הוא $L = 6m$.

א. חשב את זמן המחזור של התנועה.

ב. דני ראה כי מיקום הגוף
ב- $t = 1sec$ הוא $2m$ מהקיר השמאלי.
דני חישב כמה זמן ייקח לכדור לפגוע בקיר הימני ולחזור לאותה הנקודה.
דני סימן את הזמן הזה ב- $\tilde{T}$, חשב מהו $\tilde{T}$.

ג. הסבר מדוע $\tilde{T}$ הוא אינו זמן המחזור של התנועה, והסבר כיצד היה צריך דני לבצע את החישוב על מנת לקבל את זמן המחזור הנכון.

תשובות סופיות:

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

תנועה הרמונית:

שאלות:

1) דוגמה לחישוב המיקום

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

א. מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא : $0.4m$?

ברגע מסוים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד. דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

ג. מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?

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

2) מציאת המיקום מהזמן

מסה $m=3kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=10\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק $d=0.3m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מהם התדירות וזמן המחזור של התנועה?

ב. מהי האמפליטודה של התנועה?

ג. רשום נוסחה המתארת את מיקום המסה כתלות בזמן.

ד. מהו מיקום המסה ב- $t_1=0.4sec$?

3) מציאת הזמן מהמיקום

מסה $m=2kg$ קשורה לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=30\frac{N}{m}$. מסיטים את המסה מרחק $d=15c.m$ בכיוון החיובי מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים ממנוחה.

א. מצא את מיקום המסה כתלות בזמן.

ב. מהו מיקום המסה ב- $t_1=0.3sec$ וב- $t_2=1.2sec$?

ג. מהו הזמן בו המסה מגיעה אל נקודת שיווי המשקל, ומהו הזמן בו היא מגיעה לקצה השני?

ד. מהם הזמנים בהם המסה מגיעה אל $x=7.5cm$? מדוע קיימים שניים?

4) חישוב המהירות

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

א. מהי התדירות הזוויתית והאמפליטודה של התנועה?

ב. מהי המהירות המקסימאלית של הגוף?

ג. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן של הגוף.

ד. מהי מהירות הגוף ב- $t=2sec$, ומהי האנרגיה הקינטית שלו באותו הרגע?

5) חישובי פאזה

דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית $\omega=3\frac{rad}{sec}$ ובמשרעת $A=0.2m$.

דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.

א. רשום ביטוי למיקום כפונקציה של הזמן שמודד דני.

ב. צייר גרף של המיקום כתלות בזמן שמודד דני.

ג. מתי היה צריך דני להתחיל למדוד את הזמן אם הוא רוצה שהפונקציה של המיקום תהפוך להיות פונקציית סינוס?

6) חישוב הפאזה מתנאי התחלה

גוף בעל מסה $m=2kg$ מחובר לקפיץ בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$, ומתנדנד בתנועה הרמונית על מישור חלק ואופקי.

א. מהי התדירות הזוויתית של התנועה?

ב. מהם הפאזה והאמפליטודה של הגוף, אם ברגע תחילת הזמן הגוף היה ב- $x(t=0)=0.2m$, ובמהירות $v=6\frac{m}{sec}$ בכיוון השלילי?

ג. רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.

ד. חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

7) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ

מסה $m=3kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=9\frac{N}{m}$, ונמצאת על שולחן אופקי חלק. המסה נמצאת במנוחה (הקפיץ רפוי).

מסה זהה נוספת נעה במהירות $v=12\frac{m}{sec}$ כלפי המסה הנייחת ומתנגשת בה התנגשות פלסטית. הנח כי זמן ההתנגשות קצר מאוד.
לאחר ההתנגשות שתי המסות נעות בתנועה הרמונית.

א. מהי תדירות התנועה?

ב. מה תנאי ההתחלה של התנועה ההרמונית $\left(x(t=0),v(t=0)\right)$?

ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

תשובות סופיות:

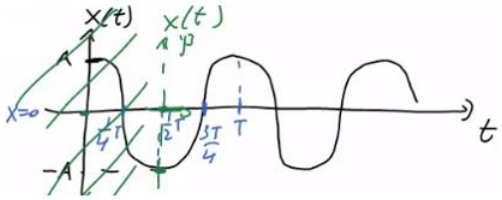
1) א. $A=0.2\text{m}$ ב. $T=0.5\text{sec}$ ג. תדירות: $f=2\cdot\frac{1}{\text{sec}}$,
תדירות זוויתית: $\omega\approx 12.57\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $x(t)=0.2\cos(12.57\cdot t)$

2) א. תדירות: $f\approx 0.29\frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T\approx 3.44\text{sec}$. ב. $d=0.3\text{m}$
ג. $x(t)=0.3\cos(1.83\cdot t)$ ד. $x(t_1)\approx 0.22\text{m}$

3) א. $x(t)=0.15\cos(3.87\cdot t)$ ב. $x(t_2)=-0.01\text{m}$, $x(t_1)\approx 0.06$
ג. שיווי משקל: $t_3\approx 0.41\text{sec}$, הקצה השני: $t_4\approx 0.82\text{sec}$.
ד. $\tilde{t}_1\approx 0.27\text{sec}$, $\tilde{t}_2\approx 1.35\text{sec}$

4) א. $A=0.4\text{m}$, $\omega=2\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $|v_{max}|=0.8\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
ג. $v(t)=-0.8\cdot\sin(2\cdot t)\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $E_k\approx 0.09\text{J}$, $v(t=2)\approx 0.61\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

5) א. $x(t)=0.2\cos(3\cdot t+\pi)$ ב. שרטוט:
ג. $t_0=1.57\text{sec}$



6) א. $\omega=\sqrt{2}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $A\approx 3.94\text{m}$, $\varphi\approx 1.52\text{rad}$
ג. $x(t)=3.94\cos(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$, $v(t)=-5.57\sin(\sqrt{2}\cdot t+1.52)$
ד. $A\approx 4.24\text{m}$, $\varphi=\frac{\pi}{2}$

7) א. $\omega=\sqrt{\frac{3}{2}}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $x(t=0)=0$, $v(t=0)=-6\frac{\text{m}}{\text{sec}}$
ג. $x(t)=4.90\cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}}\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)$

קפיץ אנכי:

שאלות:

1) קפיץ אנכי ותוספת מסה

גוף בעל מסה $m=1kg$ תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k=50\frac{N}{m}$ ואורך רפוי $l_0=30cm$.

א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.

ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת $m=2kg$ המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?

כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של $d=8cm$ ומשחררים אותה ממנוחה.

ג. מה תדירות התנועה של המסה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.

ה. חזור על סעיף ד', אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

2) מסה משוחררת מנקודת רפיון

מסה $m=30gr$ תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k=1.5\frac{N}{m}$.

המסה מוחזקת באוויר בנקודה שבה הקפיץ רפוי ומשוחררת ממנוחה.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל.

ב. מצא את המיקום כתלות בזמן, אם הכיוון החיובי כלפי מטה.

תשובות סופיות:

1) א. $0.5m$ ב. $0.9m$ ג. $\omega\approx 4.08\frac{rad}{sec}$ ד. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t)$

ה. $y(t)=0.08\cos(4.08\cdot t+\pi)$

2) א. $y_0=\frac{mg}{k}$ ב. $y(t)=0.2\cos(7.07\cdot t+\pi)$

תנועה הרמונית בתוספת של כוח קבוע:

שאלות:

1) תוספת של כוח קבוע

גוף בעל מסה $m=0.2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=4\frac{N}{m}$.

הגוף נמצא במנוחה בנקודה שבה הקפיץ רפוי.

ב-$t=0$ מתחיל לפעול על הגוף כוח קבוע בכיוון החיובי $F=0.1N$.

א. מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.

ב. מהי תדירות התנועה?

ג. מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?

ד. מצא את המיקום כתלות בזמן.

2) כוח מפסיק בפתאומיות

גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=5\frac{N}{m}$.

הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה $A=0.3m$.

ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע $F=2N$ בכיוון החיובי.

א. מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל, במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.

ב. מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.

ג. חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.

ד. חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה, ומהירותו ברגע זה היא $2\frac{m}{sec}$.

תשובות סופיות:

1) א. $0.025m$ ב. $\omega=4.47\frac{rad}{sec}$ ג. $x(t=0)=-x_0\ ,\ v(t=0)=0$

ד. $x(t)=0.025(4.47\cdot t+\pi)$

2) א. $x_0=-0.4m$ ב. $\tilde{A}=0.7m$ ג. $\tilde{A}=0.1$

אנרגיה בתנועה הרמונית:

שאלות:

1) חישובי אנרגיה

מסה $m=2kg$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע $k=50\frac{N}{m}$.

מושכים את המסה מרחק $d=0.2m$ מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.

א. רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ב. רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.

ג. חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים $t=0\ ,\ 1\ ,\ 2\sec$.

ד. חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

תשובות סופיות:

1) א. $x(t)=0.2\cos(5\cdot t)$ ב. $v(t)=1\cdot\sin(5\cdot t)$

ג. $x(t=1)\approx 0.057m\ ,\ v(t=1)\approx 0.960\frac{m}{sec}$

$x(t=2)\approx -0.168m\ ,\ v(t=2)\approx 0.544\frac{m}{sec}\ ;\ x(t=0)\approx 0.2m\ ,\ v(t=0)\approx 0$

ד. $t=0:E_k=0\ ,\ U=1\ ;\ t=1:E_k=0.922J,\ U=0.081J\ ;\ \ t=2:E_k=0.296J\ ,\ U=0.706J$

מטוטלת מתמטית:

שאלות:

1) חישוב אורך חוט

מצא מה צריך להיות אורך החוט של מטוטלת, על מנת שהזמן שייקח למסה לעבור מקצה אחד לקצה השני יהיה חצי שנייה.

תשובות סופיות:

1) $l \approx 0.25m$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) תרגיל 1

גוף בעל מסה $m = 20gr$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. הגוף מתנדנד בתנועה הרמונית כך שהמרחק בין הקצוות של התנועה הוא: $d = 10cm$.

א. מהי האפליטודה של התנועה?

ב. מהי התדירות הזוויתית?

ג. מהו זמן המחזור?

ד. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.

ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

2) תרגיל 2

גוף בעל מסה $m = 2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4\frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של $d = 0.2m$ ומשחררים ממנוחה.

א. מהי התדירות הזוויתית?

ב. מהו זמן המחזור?

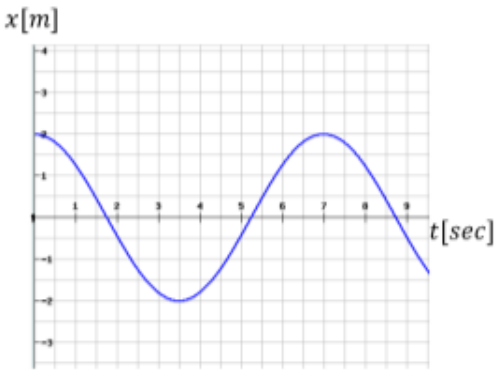
ג. מהי האפליטודה של התנועה?

ד. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?

ה. רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

ו. חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית $v_0 = 0.1\frac{m}{sec}$.

3) תרגיל 3



הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.

א. מהי אמפליטודת התנועה?

ב. מהו זמן המחזור?

ג. מהי התדירות הזוויתית?

ד. מהי הפאזה?

ה. רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

4) תרגיל 4

גוף בעל מסה $m=1kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=3\frac{N}{m}$.

הגוף משוחרר ממנוחה במרחק $d=0.3m$ מנקודת שיווי המשקל.

א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

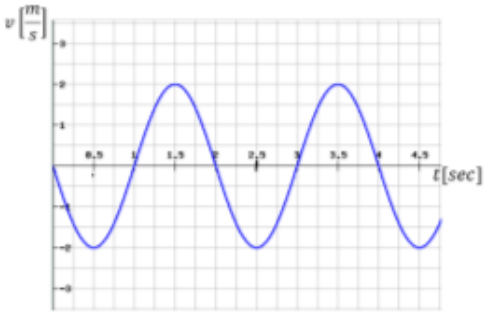
ב. מצא את מיקום הגוף ב- $t=3sec$.

ג. מהי מהירות הגוף ב- $t=3sec$.

ד. מהי תאוצת הגוף ב- $t=3sec$.

5) תרגיל 5

מהירותו של גוף המתנדנד בתנועה הרמונית נתונה לפי הגרף הבא:



א. מתי מגיע הגוף לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

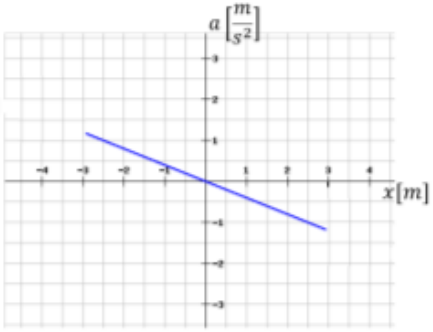
ב. האם תאוצת הגוף ב- $t=1sec$ מקסימאלית?

ג. האם ב- $t=1.5sec$ האנרגיה קינטית מרבית?

ד. מהו הכוח ב- $t=2.5sec$?

ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

6) תרגיל 6



בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות במיקום של הגוף. מסת הגוף היא $m=20g$.

א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהי אמפליטודת התנועה?

7) תרגיל 7

גוף בעל מסה $m=2kg$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k=40\frac{N}{m}$.

ב-$t=0$ מיקום ומהירות הגוף הם: $x=20cm$, $v=0.4\frac{m}{sec}$.

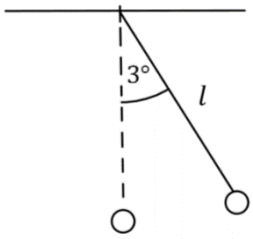
א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.

ב. מתי מיקומו של הגוף הוא 5 ס"מ משמאל לנקודת שיווי המשקל בפעם הראשונה?

ג. מתי מהירות הגוף היא $0.1\frac{m}{sec}$ בכיוון החיובי?

ד. מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

8) תרגיל 8



מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l=1m$,
ומסה $m=100gr$ בקצה, משוחררת ממנוחה מזווית של $3°$.

א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?

ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?

ג. מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?

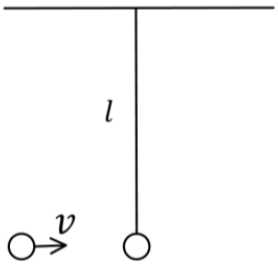
בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת $m=25gr$, הנמצאת במנוחה.
מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.

ד. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?

ה. מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?

ו. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

9) תרגיל 9



מטוטלת מתמטית בעלת חוט באורך $l=0.5m$,
ומסה $m=50gr$ בקצה, תלויה במנוחה.

מסה $m=25gr$ נעה אופקית במהירות $v=0.6\frac{m}{sec}$,
ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.

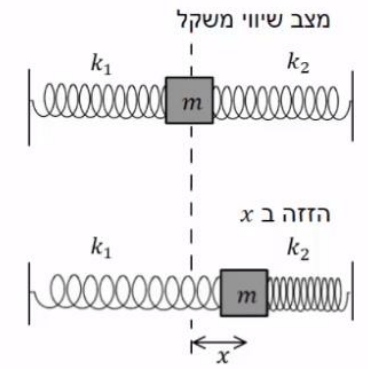
א. מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנודות קטנות.

ב. כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?

ג. מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?

ד. מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

10) מסה עם קפיצים משני הצדדים

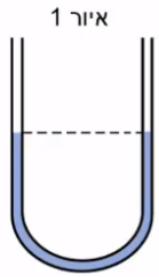


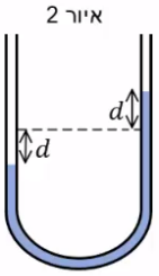
לשני צדדיה של מסה m מחוברים שני קפיצים שקבועי הכוח שלהם הם: k_1 ו-k_2.
הגוף נמצא על משטח חלק. מזיזים את הגוף ימינה מרחק x.

א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה הרמונית פשוטה שקבועה הוא: k_1+k_2.

ב. מהו זמן המחזור של התנועה?

11) צינור בצורת U





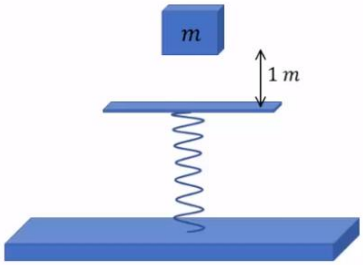
בתוך צינור גלילי בצורת האות U מצוי נוזל בשיווי משקל (איור 1).
אורך החלק המלא בנוזל הוא L ושטח החתך לאורך כל הצינור הוא A. צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח) היא ρ.
נושפים בזרוע השמאלית של הצינור כך שפני הנוזל יורדים בשיעור d, ומרפים (איור 2).

א. תאר במילים את תנועת הנוזל בהנחה שלא פועלים עליו כוחות חיכוך.

ב. הראה כי כאשר פני הנוזל נמצאים במרחק x ממצב שיווי המשקל פועל על הנוזל כוח מחזיר: $F=-2\rho Agx$.
(הדרכה: חשב את מסת הנוזל העודפת בצד הגבוה ומשם את כוח הכובד שהיא מפעילה על שאר הנוזל).

ג. בהנחה כי $x \ll L$ הראה כי זמן המחזור של התנודה הוא: $T=\pi\sqrt{\frac{2L}{g}}$.

12) מסה נופלת על קפיץ אנכי



קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצידו האחד וללוח אופקי בצידו השני.
קבוע הקפיץ הוא: $400\frac{N}{m}$. מסה של $m=2kg$ משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח, המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח.
מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.

א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?

ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?

ג. מהי משרעת התנודות?

תשובות סופיות:

1) א. $A=0.05\text{m}$ ב. $\omega\approx 14.14\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ג. $T\approx 0.444\text{sec}$

ד. $x(t)=0.05\cdot\cos(14.14\cdot t)$ ה. $v(t)=-0.707\cdot\sin(14.14\cdot t)$

2) א. $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $T\approx 4.44\text{sec}$ ג. $A=0.2\text{m}$

ד. $x(t)=0.2\cdot\cos(1.41\cdot t)$ ה. $v(t)=-0.282\cdot\sin(1.41\cdot t)$

ו. $x(t)=0.212\cdot\cos(1.41\cdot t+0.341)$, $A=0.212\text{m}$, $T=4.44\text{sec}$, $\omega=1.41\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$

$v(t)=-0.299\sin(1.41\cdot t+0.341)$

3) א. $A=2\text{m}$ ב. $T=7\text{sec}$ ג. $\omega\approx 0.898\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ד. $\varphi=0$

ה. $v(t)=-1.80\cdot\sin(0.898\cdot t+0)$

4) א. $x(t)=0.3\cos\left(\sqrt{3}\cdot t\right)$ ב. $x(t=3)\approx 0.14\text{m}$

ג. $v(t=3)\approx -0.46\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $a(t=3)=-0.42\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

5) א. $t=0.5\text{sec}$ ב. כן. ג. כן. ד. 0

ה. 2

6) א. כן. ב. $k=0.008\frac{\text{N}}{\text{m}}$ ג. $A\approx 3\text{m}$

7) א. $x(t)=0.22\cos\left(\sqrt{20}\cdot t-0.42\right)$ ב. $t_1=0.5\text{sec}$ ג. $t_1\approx 0.07\text{sec}$

ד. $a_{max}=4.4\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

8) א. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t\approx 0.5\text{sec}$ ג. $v_{max}=0.165$ ד. $u=0.131\frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ה. $\omega=\sqrt{10}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ו. $\theta\approx 2.35°$

9) א. $\omega=\sqrt{20}\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $t\approx 0.35\text{sec}$ ג. $u=0.2\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $\theta=5.12°$

10) א. הוכחה. ב. $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1+k_2}}$

11) א. ראה סרטון. ב. הוכחה. ג. הוכחה.

12) א. $\Delta x_{max}=0.37\text{m}$ ב. $f=2.25\frac{1}{\text{sec}}$ ג. $A\approx 0.32\text{m}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 15 - יחידה 5 - גלים

תוכן העניינים

1. גלים והתאבכות גלים 170

גלים והתאבכות גלים:

רקע:

מהירות גל מחזורי: $v = \lambda f$

λ – אורך הגל.

f – תדירות הגל.

חוק השבירה: $\frac{sin\,\theta_1}{sin\,\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

θ – הזוויות בין הקרן הפוגעת/ מוחזרת **לאנך** למשטח.

n – מקדם השבירה של כל תווך.

v – מהירות הגל בכל תווך.

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים: $\ell = n\frac{\lambda}{2}$

ℓ – אורך המיתר.

n – מספר נקודות הקמר (מקס'/ מינ')

λ – אורך הגל

קווי מקסימום ראשיים בהתאבכות משני מקורות (ויותר) שווי-מופע:

$$sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{d}$$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המקסימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמקסימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למקסימום מסדר n .

n – סדר קו המקסימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

קווי מינימום בהתאבכות משני מקורות שווי-מופע: $sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{d}$

θ_n – זווית הסטייה של האור המגיע לנק' המינימום n ביחס לכיוון המאונך למישור החריצים.

X_n – המרחק בין אמצע הלוח והמינימום מסדר n .

L_n – המרחק בין המרכז של החריצים למינימום מסדר n .

n – סדר קו המינימום.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

נוסחת יאנג: $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$

ΔX - רוחב פס האור

L – מרחק האנך למסך מהחריצים.

λ – אורך הגל.

d – המרחק בין החריצים.

קווי מקסימום בהתאבכות בסריג עקיפה: $sin\,\theta_n = n\frac{\lambda}{d} = nN \cdot \lambda$

θ_n – הזווית למקסימום מסדר n .

d – המרחק בין שני חריצים צמודים.

N – קבוע הסריג.

קווי צומת בעקיפה בסדר יחיד: $sin\,\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{w}$

θ_n – הזווית למינימום מסדר n .

X_n – מרחק מרכז המינימום מסדר n למרכז המקסימום המרכזי.

L_n – המרחק בין החריץ למינימום מסדר n .

w – רוחב החריץ.

שאלות:

1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל.

מתוארת צורתו בשני זמנים שונים: $t=0$, $t=2\,\text{sec}$.

א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

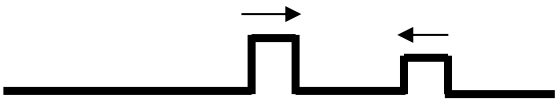
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t=0$?

ד. מה כיוון תנועת החלקיק בחלק שנמצא בנקודה B ברגע זה?

2) תרגול גל 2

מציירים בחבל שתי הפרעות כמתואר בתרשים: $v=10\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t=8\,\text{sec}$

ב. $t=16\,\text{sec}$

ג. $t=18\,\text{sec}$

ד. $t=22\,\text{sec}$

3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת השנייה, כמתואר בתרשים: $v=0.5\frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:

א. $t=8\,\text{sec}$

ב. $t=12\,\text{sec}$

ג. $t=13\,\text{sec}$

ד. $t=16\,\text{sec}$

4) תרגול גל 4

פולס משולש נע בחבל ומגיע לקצהו. שרטט את החבל + הפלוס במקרים הבאים:

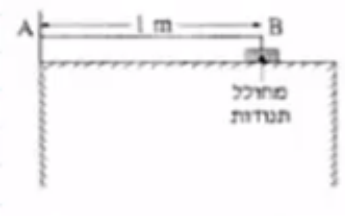
א. קצה החבל קשור לקיר.

ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

5) תרגול גל עומד



חוט AB, שאורכו 1m, קשור בקצהו B למחולל תנודות,
ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).
כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות,
נוצר בחוט AB גל, שמוחזר מהקצה A.
התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות
ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד.
תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

f - תדירות התנודות (Hz)	צורת הגל העומד	$\lambda(m)$	$\frac{1}{\lambda}(m^{-1})$
24 45 67 88			

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ, לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים,
וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.

ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות.
מהי התדירות הראשונה (הגבוהה מ-88Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB? נמק.

6) תרגול גל מחזורי 1

מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

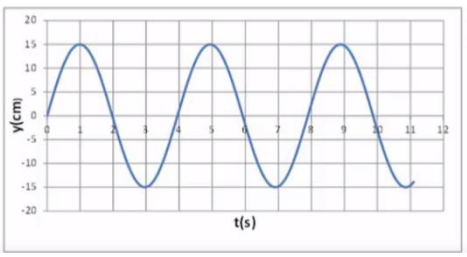
א. מהי משרעת הגל?

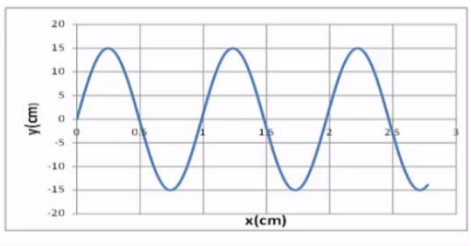
ב. מהו אורך הגל המתקדם בחבל?

ג. מה זמן המחזור של הגל?

ד. מה מהירות הגל?

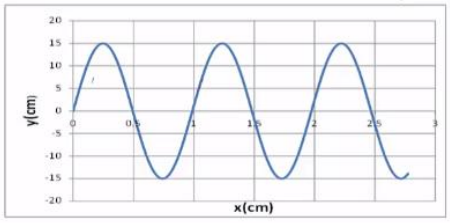
ה. לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?

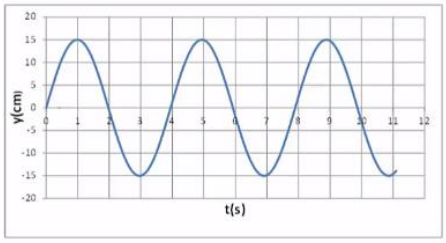




7) תרגול גל מחזורי 2

לפניכם גרף העתק-מקום והעתק-זמן של הגוף מהשאלה הקודמת.
מכפילים את תדירות מחולל הגלים (מקור).
שרטטו את גרף העתק-זמן והעתק-מקום החדשים.





8) תרגול גל מחזורי 3

לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני: גל מתקדם, השמאלי: גל עומד בקהל.

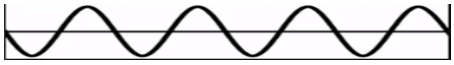
א. קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.

ב. שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

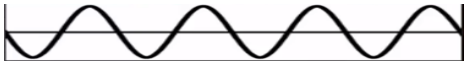
ג. שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.

ד. בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.

גל מתקדם



גל עומד



9) תרגיל 1

מהירות גל במיתר מתוח 25 מטר בשנייה. קושרים את היתר בין שני כנים שהמרחק ביניהן 3 מטר.
מניעים את המיתר בעזרת מתנד.
באיזו תדירות יש לנדנד אותו כך שייווצר בו גל עומד עם 12 נקודות צומת (כולל הקצוות)?

א. 45.8 הרץ.
ב. 70 הרץ.
ג. 8.3 הרץ.
ד. 75 הרץ.
ה. 80.7 הרץ.

10) תרגיל 2

מיתר בעל אורך 90 ס״מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות).
מהירות גל במיתר הנ״ל:

א. $15.3\frac{m}{sec}$.

ב. $38.6\frac{m}{sec}$.

ג. $17\frac{m}{sec}$.

ד. $34.3\frac{m}{sec}$.

11) תרגיל 3

מנדנדים מיתר מתוח הקשור בשני קצותיו בתדירות 100 הרץ.
אורך המיתר 3 מטר. במיתר נוצר גל עומד עם 5 נקודות צומת (כולל הקצוות).
מהי מהירות הגל במיתר?

א. $150\frac{m}{sec}$.

ב. $100\frac{m}{sec}$.

ג. $330\frac{m}{sec}$.

ד. $20\frac{m}{sec}$.

ה. $340\frac{m}{sec}$.

12) תרגיל 4

מיתר של גיטרה משמיע עם הפריטה עליו צליל בתדירות של 300 הרץ. אם רוצים להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ:

א. אין כל דרך להפיק את התדירות הנ״ל מהמיתר.
ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.
ג. יש לקצר את המיתר פי 3.
ד. יש להאריך את המיתר פי 3.
ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

13) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

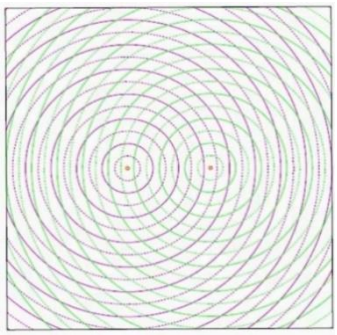
גל מעגלי מתפשט באמבט גלים. משרעתו, כשהיה מעגל ברדיוס 3cm , הייתה 1cm .

א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?

ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

14) התאבכות גלי מים – תרגיל 1

נתון תרשים של אמבט גלים ובו 2 מקורות בעלי אורך גל זהה ושווי מופע.
קווים רציפים מייצגים שיא בגל וקווים מקווקוים – שפל.
זהו את קווי המקסימום והמינימום בתרשים.



15) התאבכות גלי מים – תרגיל 2

נתון אמבט גלים בו 2 מקורות שהמרחק ביניהם 7 ס״מ.
המקורות מכים במים במופע זהה בתדירות 20 הרץ.
מהירות התקדמות הגלים באמבט היא 25 ס״מ לשנייה.

א. מה אורך הגל של הגלים שיוצרים המקורות?

ב. קבע, לגבי כל אחת מהנקודות הבאות: A, B, C, D בתרשים,
האם היא על קו מקסימום, על קו מינימום או נק' ביניים:

i. A - מרחקה מהמקור הראשון - 4 ס״מ ומהמקור השני - 2.8 ס״מ.

ii. B - מרחקה מהמקור הראשון - 5 ס״מ ומהמקור השני - 3.2 ס״מ.

iii. C - מרחקה מהמקור הראשון - 7 ס״מ ומהמקור השני - 3.4 ס״מ.

iv. D - מרחקה מהמקור הראשון - 8 ס״מ ומהמקור השני - 6.5 ס״מ.

ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

16) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,0)$ ו-$(6,0)$. המקורות משדרים באורך גל של 1cm לכל הכיוונים. על ציר y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (המספרים בס"מ):

א. $(0,1.1)$ $(0,2.5)$ $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.

ב. $(0,1)$ $(0,2)$ $(0,4)$ $(0,8)$ $(0,16)$ $(0,32)$.

ג. $(0,6)$ $(0,12)$ $(0,18)$ $(0,24)$ $(0,30)$.

ד. $(4,4.5)$ $(4,8)$ $(4,17.5)$ $(3,2)$.

ה. $(0,4.2)$ $(0,8.7)$ $(0,16.5)$ $(0,0)$.

ו. $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$.

17) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים ושווי מופע ממוקמים בנקודות $(0,0)$ ו-$(5,0)$ (הערכים בס"מ). אורך הגל של כל אחד מהם 2 ס"מ.
היכן על ציר y תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון? (הערכים בס"מ).

א. $(5,2.5)$.

ב. $(0,5.25)$.

ג. $(0,6)$.

ד. $(0,2.5)$.

ה. $(0,-5.25)$.

18) שאלה 3 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים A ו-B נמצאים בנקודות $(0,5)$ ו-$(0,-5)$. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר ראשון (כל המספרים נתונים בס"מ) אורך הגל הוא בקירוב:

א. 8.5 ס"מ.
ב. 5 ס"מ.
ג. 7.3 ס"מ.
ד. 15 ס"מ.
ה. 6.8 ס"מ.

19) שאלה 4 בהתאבכות גלי מים

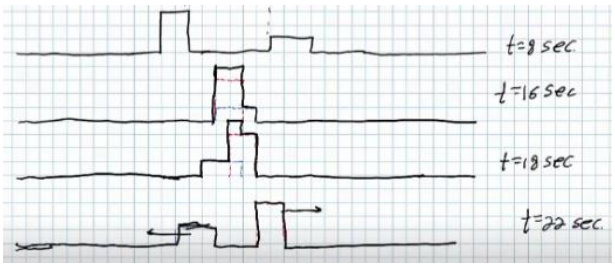
באמבט גלים ממקמים שני מתנדים בשתי נקודות $(4,2)$ ו-$(7,6)$. המתנדים רוטטים בתדירות זהה ובאותו מופע. בנקודה $(10,10)$ מתקבלת התאבכות בונה מסדר שלישי.
מהו אורך הגל? (הגדלים המספריים במטרים).

א. $1.67m$.
ב. $0.62m$.
ג. $2.79m$.
ד. $6.83m$.
ה. $1.23m$.

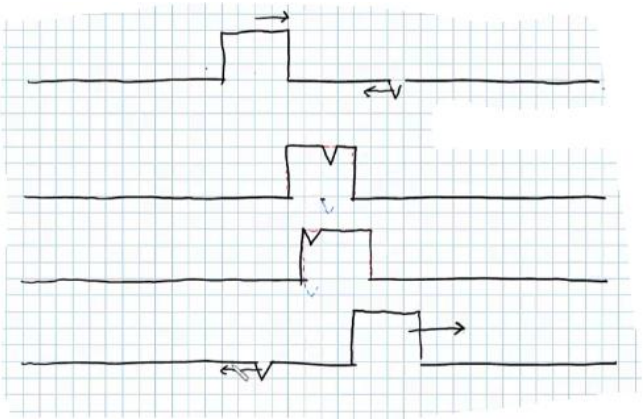
תשובות סופיות:

1) א. $A = 0.3m$ ב. $V = 0.2\frac{m}{sec}$ ג. למעלה. ד. למטה.

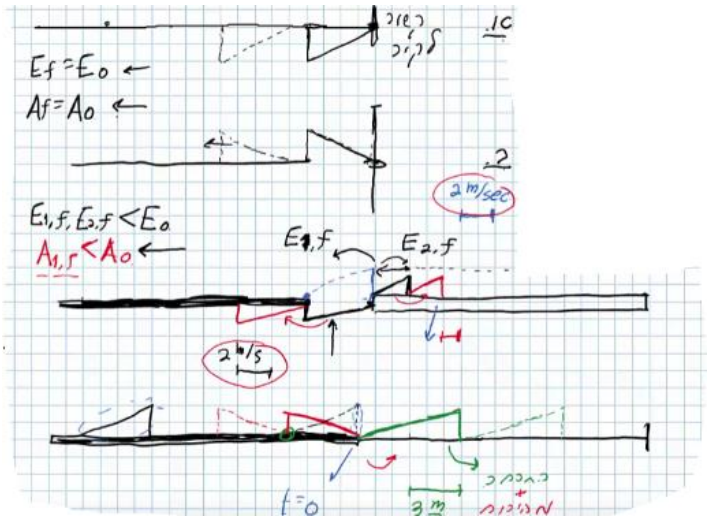
2)



3)

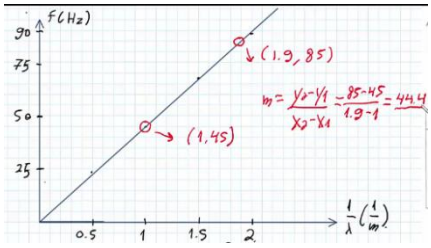


4)



5) א.

$\frac{1}{\lambda}\left(\mathrm{m}^{-1}\right)$	$\lambda\left(\mathrm{m}\right)$	צורת הגל העומד	f - תדירות התנודות $\left(\mathrm{Hz}\right)$
0.5	2		24
1	1		45
1.5	$\frac{2}{3}$		67
2	$\frac{1}{2}$		88

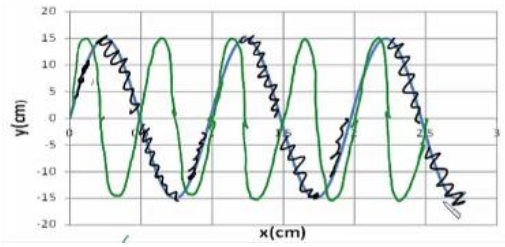
ב. 

ג. $f = v\frac{1}{\lambda}$ ד. $f = 111\mathrm{Hz}$

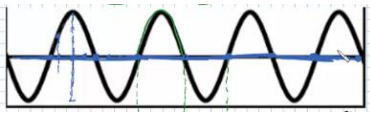
6) א. $A = 0.15\mathrm{m}$ ב. $\lambda = 1\mathrm{m}$ ג. $t = 4$ ד. $v = 25\frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}}$

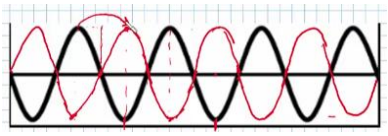
ה. $(0.5,0)$, $(1.5,0)$, $(2.5,0)$

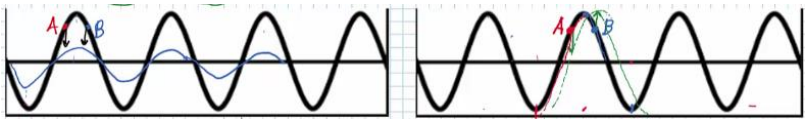
7) הגל הירוק בשרטוט:



8) א. מתקדם: $\lambda_1 = 80\mathrm{cm}$, עומד: $\lambda_2 = 80\mathrm{cm}$.

ב. 

ג. 

ד. 

9) א'.

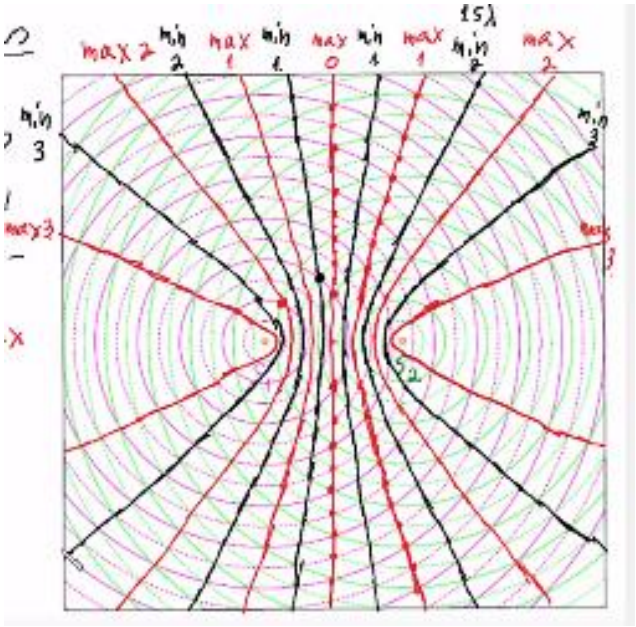
10) ב'.

11) א'.

12) ג'.

13) א. 5. ב. $0.45\mathrm{cm}$.

14)



15) א. 1.2 ס״מ.

ב.i. A - נק׳ מקסימום מסדר ראשון.

ii. B - נק׳ צומת מסדר שני.

iii. C - נק׳ מקסימום מסדר שלישי, נק׳ על קו מקסימום.

iv. D - נק׳ ביניים.

ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

16) א׳ מלאה ו-ו׳ חלקית.

17) ב׳ ו-ה.

18) ה.

19) א׳.

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 16 - יחידה 6 - אופטיקה

תוכן העניינים

1. מבוא לאופטיקה 182

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: $m=\frac{\mathrm{H_i}}{\mathrm{H_o}}=\frac{|v|}{|u|}$

עוצמת העדשה: $\mathrm{C}=\frac{1}{f}$

שאלות:

1) תרגול אור במרחב

מציבים מקור אור נקודתי מול מסך במרחק 4m מהמסך.
במרחק 1m ממקור האור מציבים מחסום בגובה 1.5m.

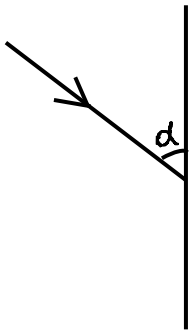
א. שרטט את הבעיה בקנה מידה לבחירתך.
ב. מצא את גודלו של הצל על הקיר:
   i. בעזרת שרטוט.
   ii. בעזרת חישוב.
ג. היכן היה צריך למקם המחסום, כדי שגודל הצל יהיה 2.5m?
ד. מוסיפים מקור אור זהה (בניסוי המקורי), במרחק של 1m מתחת למקור הראשון. מצא, בעזרת שרטוט, את אזורי האור והצל השונים שמתקבלים.

2) תרגול אור במרחב 2

מהירות האור בריק היא: $\mathrm{C}=3\cdot10^8\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$.

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.

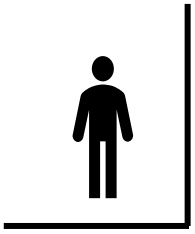
3) החזרה תרגיל 1



נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.
הזווית α 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?

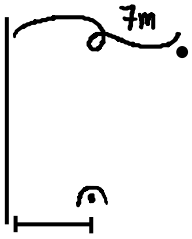
4) החזרה תרגיל 2



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 $\left(h_{water}=1.33\right)$, ופוגעת במשטח זכוכית $\left(h_{glass}=1.5\right)$.
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:

θ_1	θ_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:

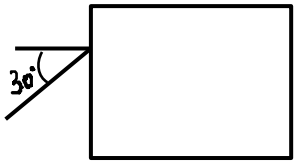
א. $\theta_1 = 0°$

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 $f=8\text{cm}$.

נתון עצם, בגובה $H_0 = 4\text{cm}$ 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.

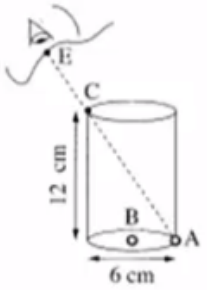
ב. הסבר מדוע ראה רמי את המטבע רק לאחר שהבריכה התמלאה חלקית במים.
לווה את תשובתך בסרטוט מהלך קרניים.

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.

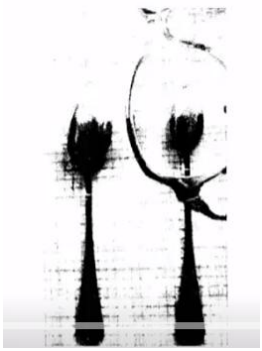
א. העתק את תרשים הכלי והעין למחברתך בלי הקו המקווקו.
הוסף לתרשים שבמחברתך קרן אור שמגיעה מחרוז B, עוברת בתוך הנוזל אל נקודה C ומגיעה לעין התלמיד.
סמן בתרשים שבמחברתך את זווית הפגיעה (α) ואת זווית השבירה (β) במעבר של קרן האור מהנוזל לאוויר.

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?

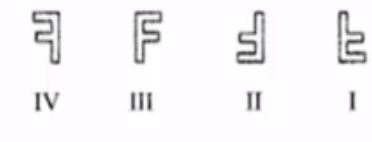
16) בגרות 2015 שאלה 7

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.

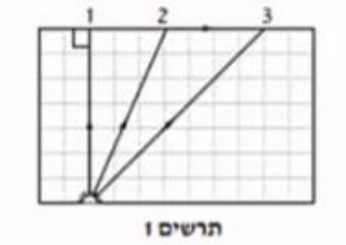
ב. הסבר באמצעות תרשים כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

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

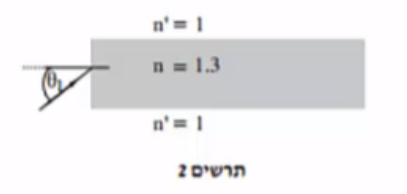


תרשים 1

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.
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.



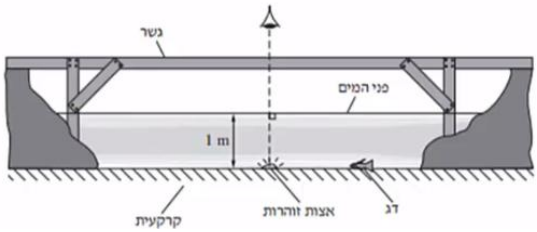
תרשים 2

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 θ_1.

ג. כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_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.

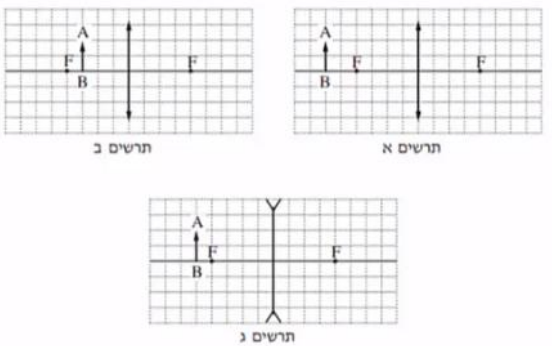
ה. כאשר הדג בעומק של 1 מטר, אבל המרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחיבת בסעיף ד', הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים. הסבר מדוע.

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.

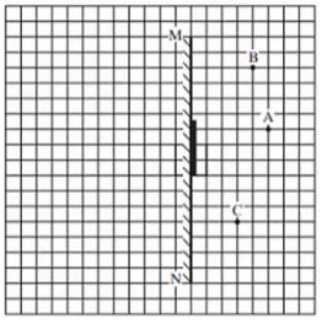
21) בגרות 2012 שאלה 1

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.

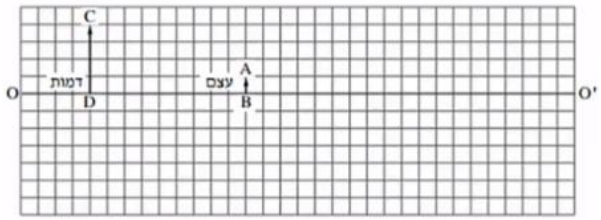
ג. האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.

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.

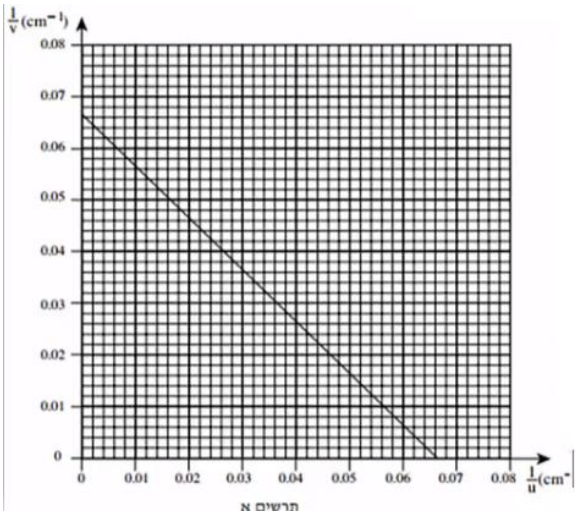
ד. כשהמרחק בין העצם לעדשה גדול מערך מסוים u_1, נוצרת דמות הפוכה ביחס לעצם. קבע מהו u_1.

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'.



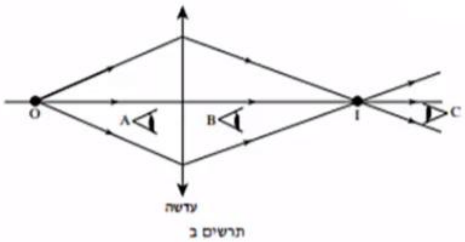
תרשים א

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.



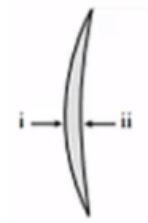
תרשים ב

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.

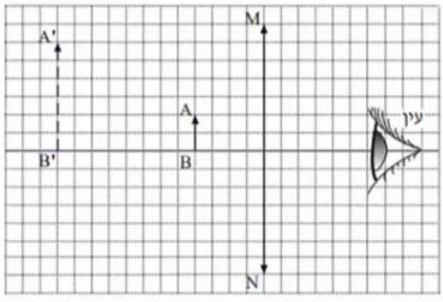
ג. מציבים את מקור האור במרחק $160cm$ מן המסך.
באיזה מרחק ממקור האור יש להציב את העדשה, כדי שתתקבל על המסך דמות חדה שלו? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.

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.



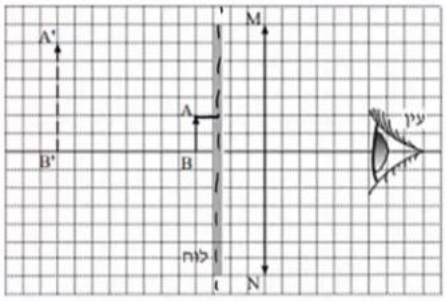
תרשים א

א. ענה על הסעיפים הבאים:

i. מצא את אורך מוקד העדשה.

ii. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

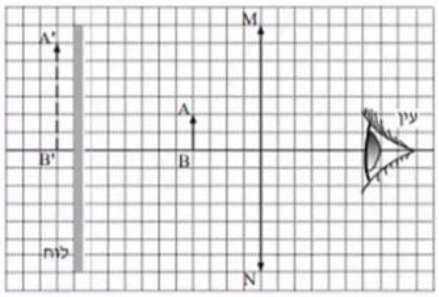
באותה מערכת מציבים לוח אטום לאור לפני הבול, בין הבול לעדשה (ראה תרשים ב').



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. $u_2 = 40cm$, $u_1 = 120cm$.
ד. ראה סרטון.

25) א.i. $f = 30cm$ ii. $C = 3.33D$. ב. לא. ג. כן.
ד. ראה סרטון. ה. ראה סרטון.

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 17 - יחידה 1 (ב) - מבוא למבנה החומר

תוכן העניינים

1. מבוא למבנה החומר ..... (ללא ספר)

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 18 - יחידה 1 (ב) - הכוח החשמלי- חוק קולון

תוכן העניינים

1. חוק קולון 198
2. תרגילים 199

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.

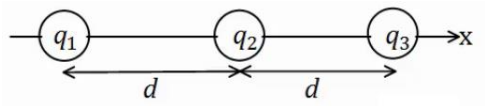
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן: $m_1 = 3kg, m_2 = 8kg$.

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

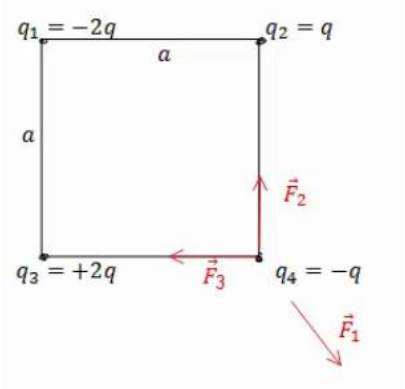
תרגילים:

שאלות:

1) מטען בפינת ריבוע

חשב את הכוח הפועל על המטען בפינה הימנית התחתונה של הריבוע.

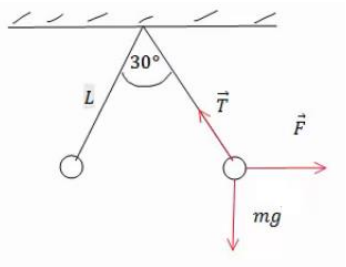
q ו- a נתונים.



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

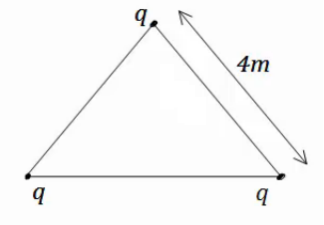
אטום המימן מורכב מפרוטון בגרעין ואלקטרון הסובב סביב הגרעין בתנועה מעגלית ברדיוס של 0.53 אנגסטרום.

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

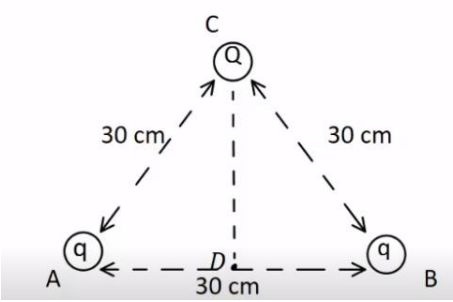
שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות.

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 באויר.

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: $Q=-2\cdot10^{-5}c$.

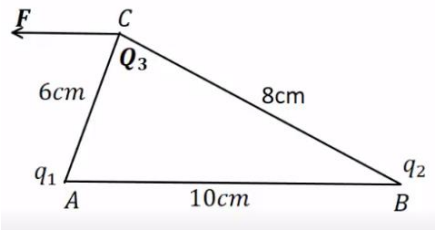
משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

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: $Q_3=3\mu c$ $|q_1|=3\mu c$ והכוח השקול F הפועל על Q_3 פועל בכיוון אופקי שמאלה במקביל לצלע AB.

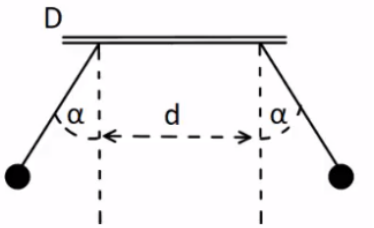
בהזנחת כוח הכובד:

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 ביניהם הוא $d=2cm$.

נתון: $\alpha=30°$ ו- $l=3cm$.

בטא את גודל המטען q באמצעות α , 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) $q = \sqrt{\frac{mg\tan\alpha}{k}}\left(d+2l\sin\alpha\right)$, $q \approx 5.2\cdot 10^{-8}c$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 19 - יחידה 1 (ב) - השדה החשמלי

תוכן העניינים

1. שדה חשמלי של מטענים נקודתיים 202

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים:

שאלות:

1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

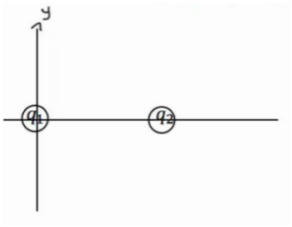
א. חשב את השדה בנקודות $(1m,3m),(0,2m)$, אם נתון ש- $q=5c$ (גודל וכיוון).

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 $(3cm,0)$.

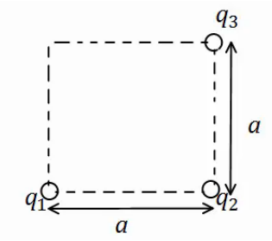
מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm,0)$.

ב. $(2cm,0)$.

ג. $(2cm,1cm)$.

3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

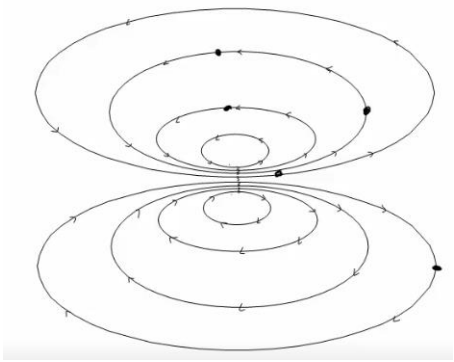


מטענים q_1 , q_2 , q_3 נמצאים בשלוש פינותיו של ריבוע בעל צלע a.

מהו השדה בפינה הרביעית?

a , q_3 , q_2 , q_1 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 $-5\cdot10^{-9}\text{C}$ חשב בכוח חשמלי שגודלו $4\cdot10^{-8}\text{N}$ כלפי מטה. הניחו שכוח הכובד זניח.

א. מהו השדה החשמלי בנקודה בה נמצא הגוף?

ב. מסירים את הגוף ושמים במקומו פרוטון, מה יהיה הכוח על הפרוטון? הניחו שהשדה לא השתנה.

10) שדה מתאפס בין שני מטענים

שני מטענים $q_1=3\cdot10^{-9}\text{C}$ ו-$q_2=-5\cdot10^{-9}\text{C}$ מרוחקים 1.8m זה מזה.
באיזו נקודה מתאפס השדה החשמלי על הקו המחבר בין המטענים?

11) שדה בכמה נקודות

מטען $q_1=4\cdot10^{-6}\text{C}$ נמצא בראשית. מטען אחר של $q_2=-2\cdot10^{-9}\text{C}$ נמצא בנקודה $(1,2)$ במטרים.
חשבו את השדה השקול בנקודות הבאות:

א. $(0,2)$

ב. $(-1,-2)$

ג. $(-1,-4)$*

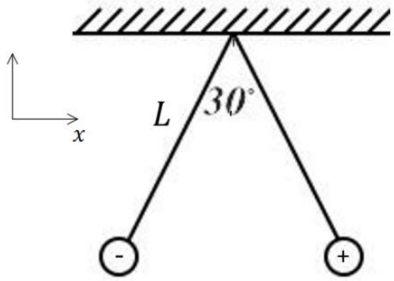
12) שני כדורים תלויים בשדה חיצוני

שני כדורים קטנים תלויים מהתקרה באמצעות חוטים זהים באורך: $L = 8cm$.

מסת הכדורים זהה ושווה ל- $4gr$, מטעני הכדורים הם: $6 \cdot 10^{-8} C$ ו- $-6 \cdot 10^{-8} C$, 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. $\vec{E}=6.3\cdot10^{9}\hat{x}+15.75\cdot10^{9}\left(-\hat{y}\right)$

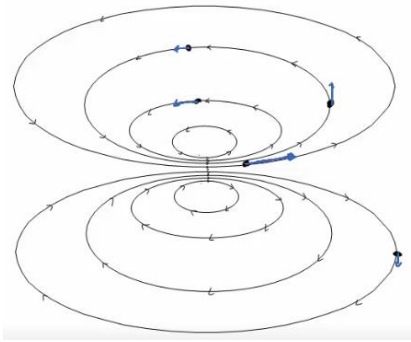
ג. $\vec{F}=4.26\cdot10^{9}\hat{x}+12.81\cdot10^{9}\hat{y}$ ד. $\vec{F}_3=-4\cdot\left(1.42\cdot10^{9}\hat{x}+4.27\cdot10^{9}\hat{y}\right)$

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) $4.94\cdot10^{5}\frac{N}{C}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 20 - יחידה 1 (ב) - חוק גאוס

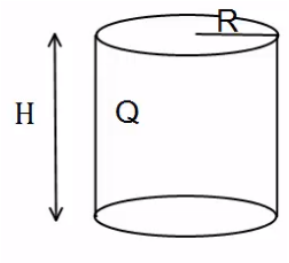
תוכן העניינים

1. צפיפות מטען 206
2. חוק גאוס 207
3. סיכום חוק גאוס ..... (ללא ספר)
4. תרגילים נוספים 208

צפיפות מטען:

שאלות:

1) גליל עם חור



גליל בעל רדיוס R וגובה H, טעון במטען Q המתפלג בצורה אחידה.
קודחים בגליל חור ברדיוס $r < R$, לכל אורכו.
מהו המטען שיצא מהגליל?
(נוסחה לנפח גליל: $\pi r^2 h$).

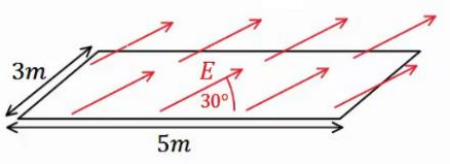
תשובות סופיות:

1) $q = \frac{Qr^2}{R^2}$

חוק גאוס:

שאלות:

1) שדה באלכסון



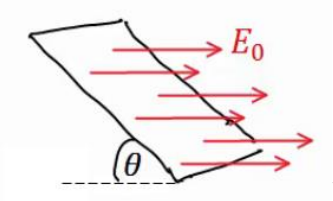
באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).

גודלו הוא $E = 2\frac{N}{c}$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.

אורך המשטח הוא $5m$ ורוחבו הוא $3m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

2) משטח באלכסון



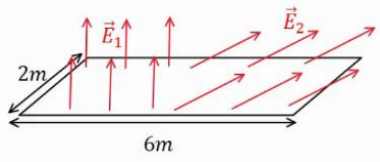
שדה חשמלי אחיד נמצא בכל המרחב בכיוון ציר ה- x,

גודלו הוא E_0.

מצא מה השטף דרך משטח המונח בזווית θ ביחס לציר ה- x.

אורך המשטח הוא a ורוחבו הוא b.

3) שדה מפוצל



באיור הבא נתון כי השדה החשמלי על המשטח,

בחציו השמאלי, הוא: $\vec{E}_1 = 2\frac{N}{c}\hat{y}$ (שדה אחיד).

בחציו הימני של המשטח, השדה הוא: $\vec{E}_2 = 7\frac{N}{c}\hat{x} + 3\frac{N}{c}\hat{y}$.

אורך המשטח הוא $6m$ ורוחבו הוא $2m$.

מצא מהו השטף דרך המשטח.

תשובות סופיות:

1) $\Phi_E = 15 \cdot \frac{m^2 N}{C}$

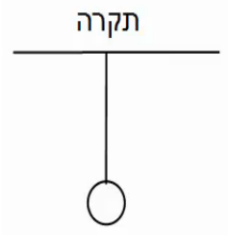
2) $\Phi_E = E_0 \sin\theta \cdot a \cdot b$

3) $\Phi_E = 30\frac{N \cdot m^2}{C}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) מישור מתחת לכדור תלוי



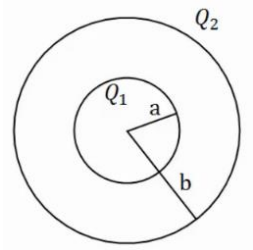
כדור בעל מסה $m=5kg$ ומטען $Q=20\mu c$ תלוי באמצעות חוט מהתקרה. מתחת לכדור ישנו מישור אינסופי בעל צפיפות מטען משטחית: $\sigma=-\frac{30\mu c}{m^3}$.

א. מצא את המתיחות בחוט.

ב. מצא את המתיחות בחוט אם $\sigma=+\frac{5\mu c}{m^3}$.

2) שתי קליפות כדוריות

במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות). רדיוס הקליפה הפנימי הוא a והמטען עליה הוא Q_1, רדיוס הקליפה החיצונית הוא b והמטען עליה הוא Q_2.



א. חשב את פונקציית השדה החשמלי בכל המרחב.

ב. מה הכוח (גודל וכיוון) שירגיש מטען בגודל Q_3, הנמצא במרחק $3b$ ממרכז הכדור.

תשובות סופיות:

1) א. $T=83.93N$ ב. $T\approx 44.35N$

2) א. $E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ_1}{r^2} & a<r<b\\ \frac{k(Q_1+Q_2)}{r^2} & b<r\end{cases}$ ב. $\vec{F}=Q_3\frac{k(Q_1+Q_2)}{(3b)^2}$, כיוון: כלפי חוץ.

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 21 - יחידה 1 (ב) - תנועה בשדה חשמלי אחיד

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 209

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.

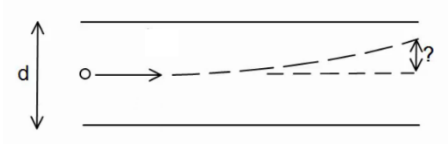
משחררים אלקטרון ממנוחה קרוב מאוד ומתחת ללוח העליון: $\begin{pmatrix} q_e = -1.6\cdot10^{-19}c \\ m_e = 9.1\cdot10^{-31}kg \end{pmatrix}$.

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



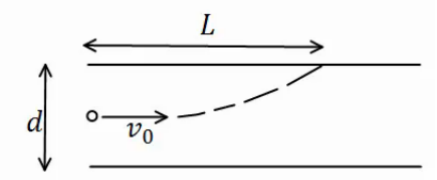
שני לוחות ריבועיים נמצאים אחד מעל השני. אורך הצלע של כל לוח היא 5 ס״מ והמרחק בין הלוחות הוא 2 מ״מ.
הלוחות טעונים בצפיפות מטען אחידה.
המטען הכולל על הלוח העליון הוא: $Q = 3\cdot10^{-11}c$, והמטען הכולל על הלוח התחתון זהה והפוך בסימנו.

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 σ 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. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 22 - יחידה 1 (ב) - מוליכים

תוכן העניינים

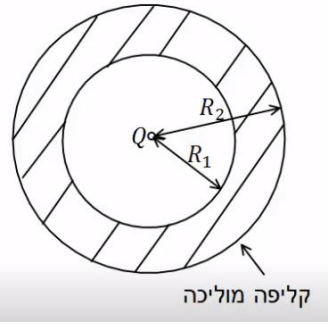
1. הסבר על מוליכים ..... (ללא ספר)
2. תרגילים 211

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.

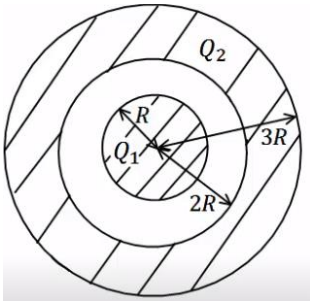
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הקליפה?

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.

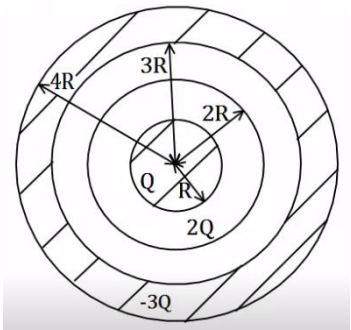
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?

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.

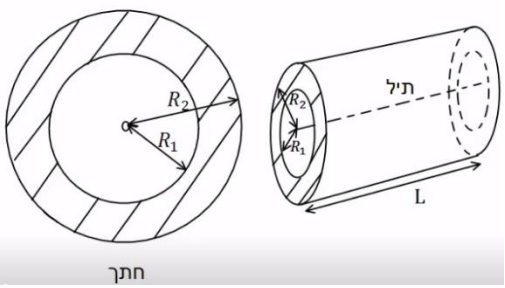


הכדורים והקליפות קוצנטריים (בעלי מרכז משותף).

א. מצא את השדה בכל המרחב.

ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.

4) תיל וקליפה גלילית עבה



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

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

א. מהי צפיפות המטען ליחידת אורך בתיל?

ב. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.

ג. מהי צפיפות המטען על שפת הקליפה?

תשובות סופיות:

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

ב. $\sigma_1=\frac{Q_1}{4\pi R^2}\ ,\ \sigma_2=\frac{-Q_1}{4\pi 4R^2}\ ,\ \sigma_3=\frac{q_3}{4\pi\left(3R\right)^2}$

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

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

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 23 - יחידה 1 (ב) - חומרים דיאלקטריים

תוכן העניינים

1. הסברים ותרגילים 214

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).

ε_r - מקדם דיאלקטרי יחסי, קבוע חסר יחידות שתלוי בסוג החומר וקיים בטבלאות.

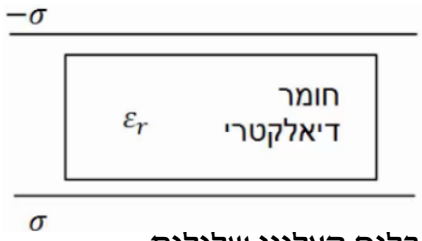
לפעמים נתון המקדם הדיאלקטרי (הלא יחסי) והקשר הוא:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

כאשר $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\frac{c^2}{N\cdot m^2}$ הוא המקדם הדיאלקטרי של הריק

שאלות:

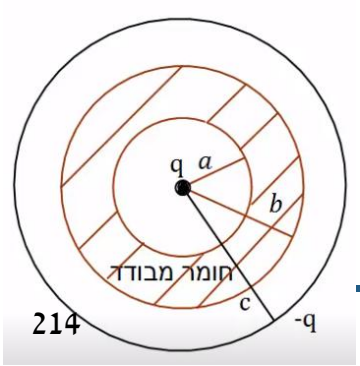
1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות



חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, הטעונים בצפיפות מטען משטחית: $\sigma = 3\cdot 10^{-3}\frac{\text{c}}{\text{m}^2}$.

מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

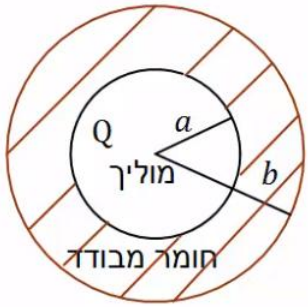
2) מטען נקודתי בתוך מעטפת דיאלקטרית



מטען נקודתי $q = 2\cdot 10^{-6}\text{c}$ מוקף במעטפת כדורית מבודדת בעלת רדיוס פנימי $a = 5\text{c.m}$ ורדיוס חיצוני $b = 8\text{c.m}$. המקדם הדיאלקטרי של המעטפת המבודדת הוא: $\varepsilon_r = 3$. את כל המערכת עוטפת

קליפה מוליכה דקה ברדיוס $c=10c.m$ הטעונה במטען $-q=-2\cdot10^{-6}c$.
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 ε_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) $E=1.7\cdot10^{8}\frac{N}{C}$

2)
$$E=\begin{cases}\frac{kq}{r^2} & r<a\\ \frac{kq}{\varepsilon_r r^2} & a<r<b\\ \frac{kq}{r^2} & b<r<c\\ 0 & c<r\end{cases}$$

3)
$$E=\begin{cases}0 & r<a\\ \frac{kQ}{\varepsilon_r^{\,2}} & a<r<b\\ \frac{kQ}{r^2} & b<r\end{cases}$$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 24 - יחידה 1 (ב) - מתח, פוטנציאל ואנרגיה פוטנציאלית חשמלית

תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי 217
2. פוטנציאל ומתח 219
3. פוטנציאל במוליכים 223
4. תרגילים נוספים 225

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

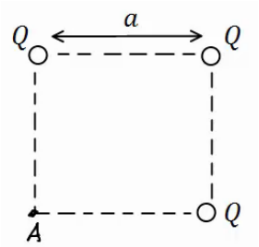
חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען $Q_1 = 2\cdot10^{-6}c$ במרחק $r_1 = 0.8m$

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 $Q = 2\cdot10^{-5}c$.



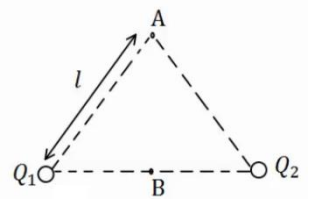
אורך צלע הריבוע היא $a = 3cm$.

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 $l = 5cm$.

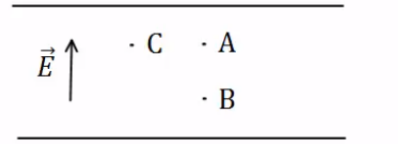
א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

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.



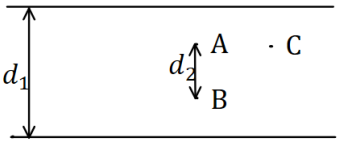
א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

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 Bהוא $d_2 = 5cm$?

ד. מהי העבודה הדרושה להזיז מטען $Q = 2 \cdot 10^{-6} c$ מ-A ל-B?

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

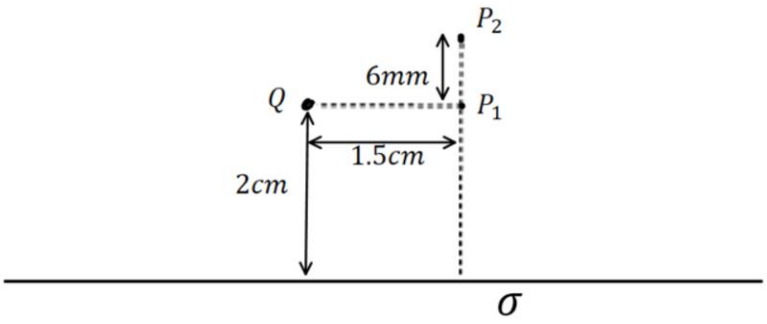
6) פוטנציאל של לוח ומטען נקודתי

מטען נקודתי $Q = 3\mu C$ נמצא בגובה $2cm$ מעל לוח אינסופי הטעון בצפיפות אחידה: $\sigma = 8 \cdot 10^{-4} \frac{C}{m^2}$.

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:

$0 < x < 15\ \text{cm}$ ו- $-15\text{cm} < x < 25\text{cm}$

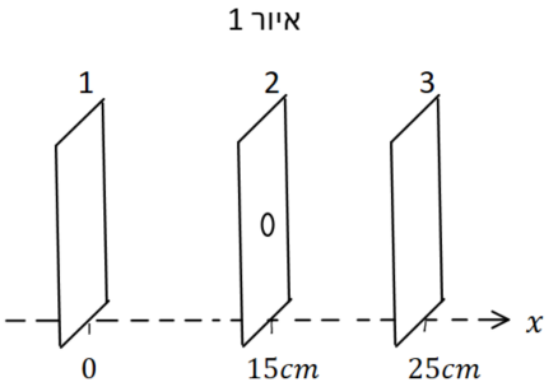
נתון כי צפיפות המטען המשטחית של לוח 1 היא: $\sigma_1 = 2 \cdot 10^{-8}\ {}^{\text{C}}/_{\text{m}^2}$
וכי צפיפות המטען המשטחית של לוח 3 חיובית.

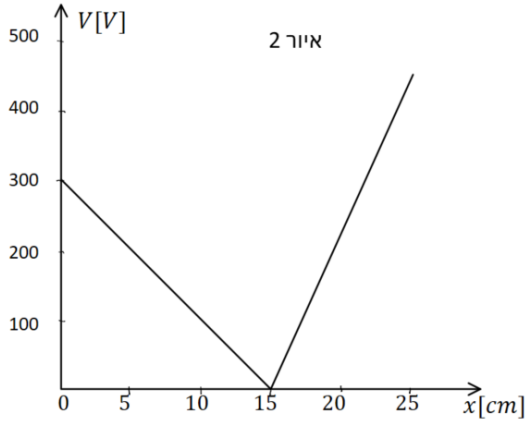
ב. חשבו את σ_2 ו- σ_3.

חלקיק קטן בעל מסה $5 \cdot 10^{-16}\text{kg}$ שמטענו q אינו ידוע משוחרר ממנוחה בסמוך ומימין ללוח 1. החלקיק נע לעבר לוח 2 ועובר דרך חור קטן בלוח במהירות: $3 \cdot 10^{6}\ {}^{\text{m}}/_{\text{s}}$.

ג. מהו מטען החלקיק (כולל הסימן)?

ד. האם החלקיק יגיע ללוח 3? אם כן, מהי תהיה מהירותו? אם לא, היכן ייעצר?





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.
$$E = \begin{cases} 2000\frac{V}{m} & 0 < x < 15 \\ -4500\frac{V}{m} & 15 < x < 25 \end{cases}$$

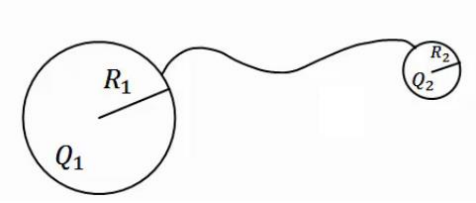
ב. $\sigma_2 = -5.75 \cdot 10^{-8\frac{C}{m^2}}$, $\sigma_3 = 4.21 \cdot 10^{-8\frac{C}{m^2}}$ ג. $q = 7.5\mu C$

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?

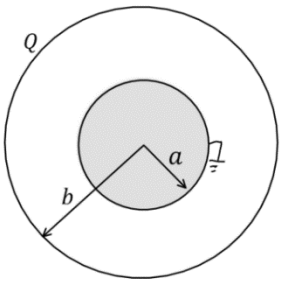
2) מטען נקודתי במרכז קליפה מוארקת

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

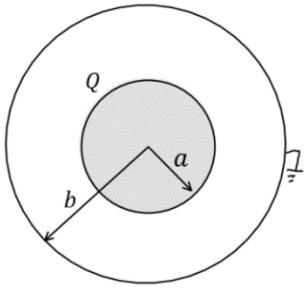
קליפה כדורית מוליכה ודקה בעלת רדיוס b טעונה במטען Q.
במרכז הקליפה נמצא כדור מוליך בעל רדיוס a המוארק לאדמה.

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. $-Q$

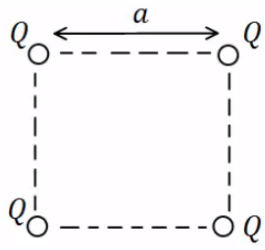
תרגילים נוספים:

שאלות:

1) אנרגיה חשמלית של מערכת

מצא את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של שני מטענים זהים: $Q_1 = Q_2 = 3\cdot10^{-6}\text{c}$ הנמצאים במרחק 80 ס״מ זה מזה.

2) מטענים בפינות ריבוע



בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע $a = 0.5\text{m}$ ישנם מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-7}\text{c}$.

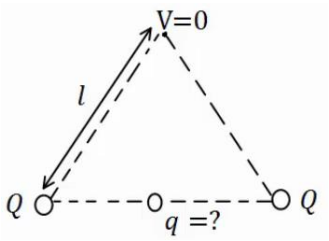
א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען $q = 3\cdot10^{-8}\text{c}$ לנקודה מסעיף ב׳?

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

3) מטען שמאפס פוטנציאל בקודקוד



בשני קודקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים מטענים זהים שגודלם הוא: $Q = 2\cdot10^{-5}\text{c}$.

מטען נוסף, q, מונח במרכז הצלע שביניהם.

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

א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל בקודקוד השלישי יתאפס.

ב. חזור על סעיף א׳ אם המטען q נמצא במרכזה של צלע אחרת במשולש.

4) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15V.

א. מהי העבודה להביא מטען שגודלו $1c$ מהאינסוף לנקודה זו?

ב. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}c$ לנקודה זו?

ג. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = -3\cdot10^{-6}\text{c}$ מפוטנציאל של $V = 5\text{V}$ לנקודה זו?

ד. מהי העבודה הדרושה להביא מטען של $Q = 2\cdot10^{-6}\text{c}$ 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

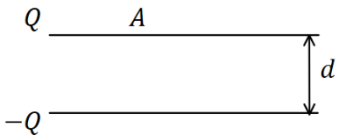
אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאלים של $300V$.
האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה.

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?

$m_e = 9.11\cdot10^{-31}kg$, $q_e = -1.6\cdot10^{-19}c$.

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?

$m_p = 1.67\cdot10^{-27}kg$, $q_p = 1.6\cdot10^{-19}c$

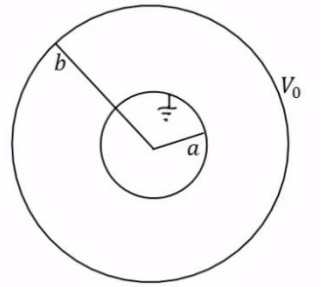
8) פוטנציאל של כדור מוליך

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- $Q_2 = 6\cdot10^{-6}c$.

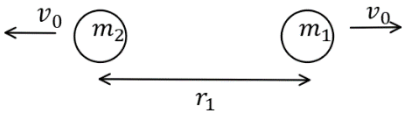
א. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שפות הכדורים, אם הם מרוחקים מאוד זה מזה.
ב. מהו הפרש הפוטנציאלים בין שתי הנקודות הכי קרובות של הכדורים, אם המרחק בין מרכזיהם הוא $d = 5m$.
הנח שהתפלגות המטען על כל כדור עדיין אחידה.

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 $r_3 = 0.5m$.

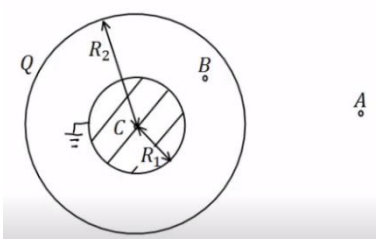
13) 1000 טיפות שמן

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.

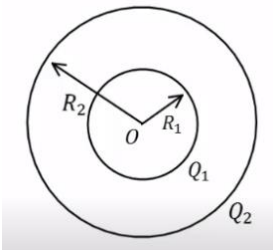
רדיוס הקליפה הוא: $R_2 = 10c.m.$ והמטען עליה הוא: $Q = 3\cdot10^{-7}c$. מאריקים את הכדור.

א. מצא את המטען על שפת הכדור.

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות: $r_C = 0$, $r_B = 7c.m.$, $r_A = 20c.m.$?

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

15) שתי קליפות קוצנטריות מחוברות בחוט



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

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

i. הנקודה O.

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

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

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

i. הנקודה O.

ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.

iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

ג. מחברים את שתי הקליפות באמצעות תיל מוליך דק שהתנגדותו זניחה, ולכן חלקיקים טעונים יכולים לעבור ביניהן.
בטא, באמצעות נתוני השאלה, את המטען החשמלי על כל אחת משתי הקליפות לאחר שנפסק הזרם בתיל.

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: $\sigma_2=15\cdot10^{-9}\frac{C}{m^2}$.

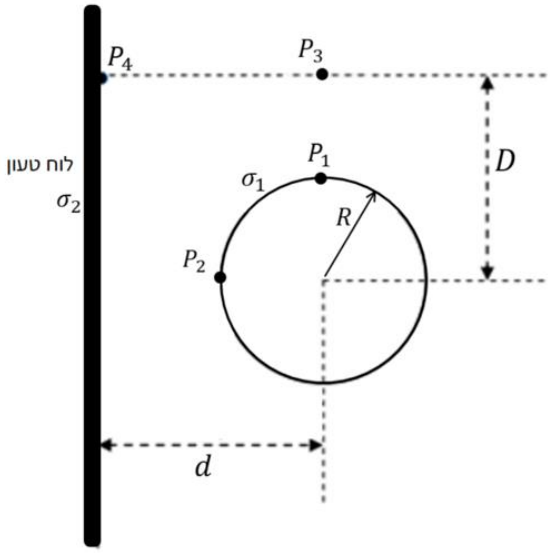
הנקודות P_1 ו-P_2 שבציור נמצאות מחוץ לכדור, אך קרוב מאד לשפתו. הישר המחבר את הנקודות P_3 ו-P_4 ניצב למשטח ומרוחק $D=4m$ ממרכז הכדור. P_4 היא נקודה מימין למשטח, אך מאוד קרובה אליו. הנקודות P_1 ו-P_3 נמצאות בדיוק מעל מרכז הכדור. לעזרתכם: שטח פנים של כדור בעל רדיוס R נתון ע"י $4\pi R^2$.

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**

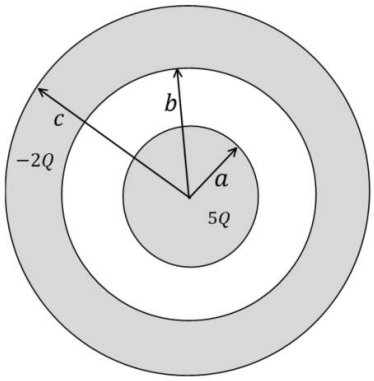
כדור מוליך בעל רדיוס a טעון במטען חיובי 5Q ונמצא בתוך קליפה כדורית מוליכה בעלת רדיוס פנימי b ורדיוס חיצוני c, הטעונה במטען $-2Q$.

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. $W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} J$ ב. $V_A = 20.84 \cdot 10^3 V$ ג. $W \approx 6.25 \cdot 10^{-4} J$

ד. $W = 4.53 \cdot 10^{-3} J$

3) א. $q = -3.46 \cdot 10^{-5} c$ ב. $q = -2 \cdot 10^{-5} c$

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

ד. $W = -10^{-5} J$

5) א. $V_A = 3.17 \cdot 10^5 V$, $V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 V$, $V_C = 2.5 \cdot 10^5 V$

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

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

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

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

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

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

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. $V_{21} \approx 2.06 \cdot 10^4 V$ ב. $V_{ba} = 7.6 \cdot 10^3 V$

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

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

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) $V_{1000} = 100 V_1$

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

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

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. $270\cdot\pi\cdot10^{-9}N\hat{x}+101\cdot\pi\cdot10^{-9}N\hat{y}$ ד. $-3.375\cdot10^{-6}\,J$

17) א. $q(r=b)=-5Q\ ,\ q(r=c)=3Q$ ב. $V(b)=V(c)=\frac{3KQ}{c}$

ג. $\frac{5KQ}{a}-\frac{5KQ}{b}+\frac{3KQ}{c}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 25 - יחידה 2 (ב) - זרם מתח ותנגדות

תוכן העניינים

1. הזרם החשמלי 233
2. המתח החשמלי וחוק אוהם 235
3. התנגדות 236
4. כאמ ומתח הדקים 238
5. סיכום הפרק ..... (ללא ספר)
6. תרגילים 239

הזרם החשמלי:

שאלות:

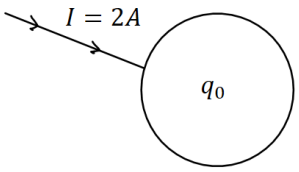
1) פלאפון מחובר למטען

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

א. מהי כמות המטען שעברה בחוט?

ב. מהו מספר האלקטרונים שעברו בחוט?

2) זרם לתוך כדור מוליך



כדור מוליך טעון במטען של $q_0 = 5c$.

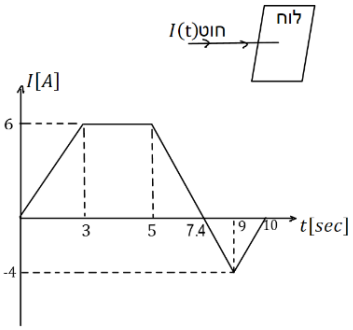
מחברים את הכדור לחוט מוליך והחוט מעביר זרם של 2 אמפר לתוך הכדור.

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

ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.

ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.

3) חוט מחובר ללוח



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

בחוט מתחיל לזרום זרם והתלות של הזרם בזמן נתונה לפי הגרף הבא:

א. מהו המטען הכולל בלוח אחרי עשר שניות?

ב. מהו המטען על הלוח אחרי 5 שניות?

4) זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביתית הוא בערך 1 אמפר.

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

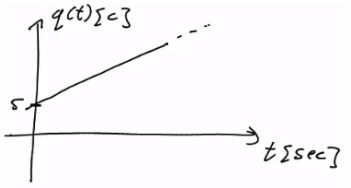
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא: $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{cm^3}$.

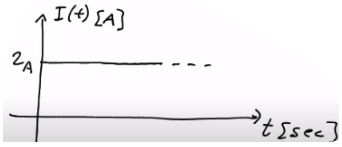
מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

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?

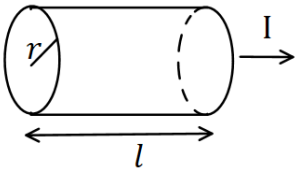
תשובות סופיות:

1) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$

התנגדות:

שאלות:

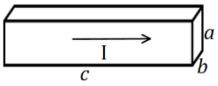
1) נגד גלילי



חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך $l=1m$ ורדיוס בסיס של $r=2mm$. הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית $\rho=1.72\cdot10^{-8}\Omega\cdot m$ (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).

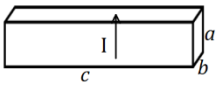
2) נגד בצורת תיבה

א)



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

ב)

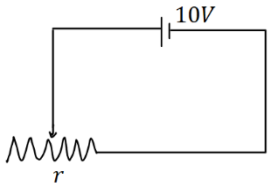


חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים.
שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!

3) נגד

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

4) נגד משתנה



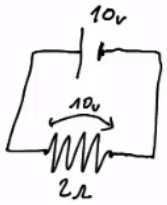
במעגל הבא ישנו מקור מתח בעל מתח של 10 וולט.
המקור מחובר לנגד משתנה בעל התנגדות ליחידת אורך $r=50\frac{\Omega}{m}$.
מה צריך להיות אורך הנגד על מנת שהזרם במעגל יהיה 2A?

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

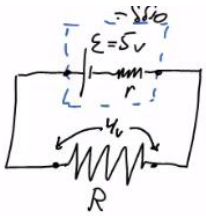
סוללה מייצרת כא"מ של $5V$. לסוללה התנגדות פנימית של $r = 2\Omega$.
מחברים את הסוללה לנגד חיצוני R שהתנגדותו אינה ידועה.
נתון כי הזרם בכל רכיב במעגל זהה ושווה ל- $I = 0.5A$.

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?

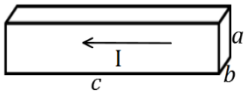
3) תרגיל 3

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?

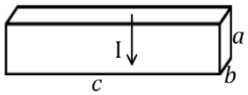
4) תרגיל 4

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:

א)



ב)



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

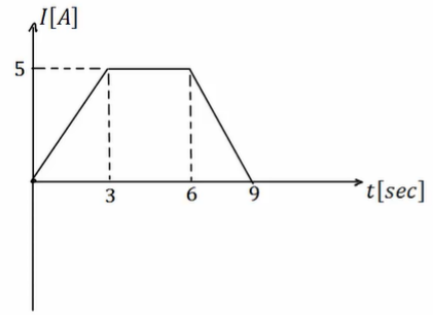
סוללה בעלת מתח $6V$ מחוברת לנגד משתנה.
כאשר אורך הנגד הוא $l=6cm$ הזרם במעגל הוא $1A$.
מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

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) $N=1.25\cdot10^{19}$

3) $R=5.51\cdot10^{-4}\Omega$

4) א. $R\approx6.67\cdot10^{-5}\Omega$ ב. $R=3.75\cdot10^{-7}\Omega$

5) $v_d=7.35\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

6) א. $I=2.5A$ ב. $v_d\approx9.19\cdot10^{-7}\frac{m}{sec}$

7) $r=100\frac{\Omega}{m}$

8) $V=3.75V$

9) $\Delta q=30c$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 26 - יחידה 2 (ב) - אנרגיה והספק במעגל החשמלי

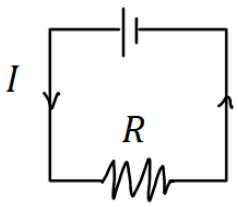
תוכן העניינים

1. עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים 241
2. הספק חשמלי 242
3. תרגילים נוספים 244

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?

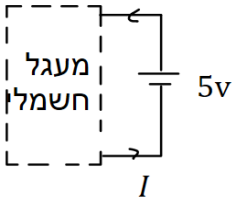
ב. מהו המתח על הנגד?

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:

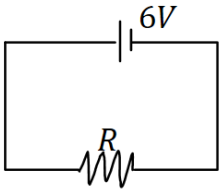
1) א. $\Delta q = 0.9c$ ב. $V = 9V$ ג. $W = 8.1J$ ד. $Q = 8.1J$ ה. $W = 8.1J$

2) א. $\Delta q = 0.8c$ ב. $W = 4J$

הספק חשמלי:

שאלות:

1) הספק של מקור ושל נגד

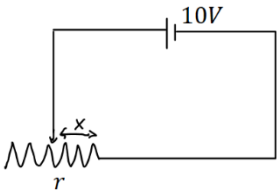


במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו $R = 12\Omega$.

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) $E=1.8kWh$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 27 - יחידה 2 (ב) - חיבור נגדים וחוקי קירכהוף

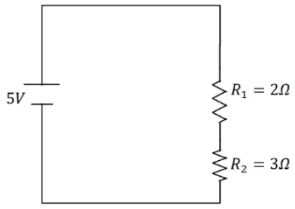
תוכן העניינים

1. חיבור נגדים במעגל 246
2. חוקי קירכהוף 249
3. תרגילים נוספים 250
4. טעינה ופריקה של קבל ..... (ללא ספר)
5. נצילות במעגל החשמלי 252

חיבור נגדים במעגל

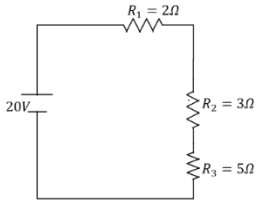
שאלות

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

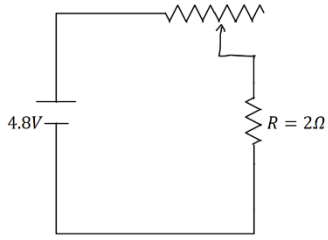
סוללה עם כא"מ של $3V$ והתנגדות פנימית $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד $R = 10\Omega$.

א. סרטט איור של המעגל.

ב. מהו הזרם במעגל?

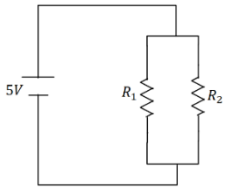
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

4) דוגמה 4



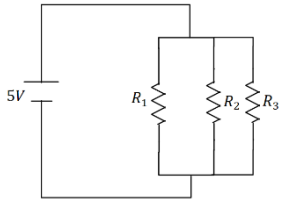
במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה.
אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא: $r = 2\frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?

5) דוגמה 5



במעגל הבא: $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

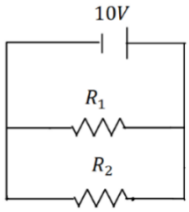
6) דוגמה 6



במעגל הבא: $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

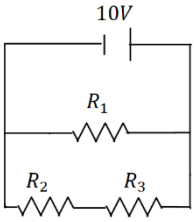
7) דוגמה 7

במעגל הבא: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



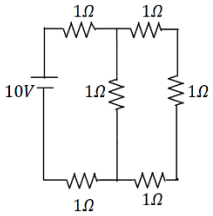
8) דוגמה 8

במעגל הבא: $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.



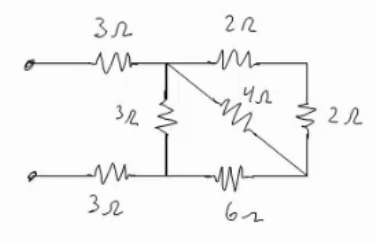
9) דוגמה 9

מצא את כל הזרמים במעגל הבא:



10) דוגמה 10

חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.



11) חישוב הספק מעגל

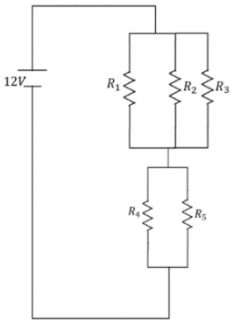
נתון המעגל הבא $R_3 = R_2 = R_1 = 6\Omega,\ \ R_5 = R_4 = 8\Omega$.

א. מצאו את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

ב. חשבו את הספק המעגל והראו כי הוא שווה להספק הסוללה.

ג. מוסיפים נגד כלשהו המחובר בטור לסוללה.

האם ההספק של המעגל יקטן, יגדל או לא ישתנה?

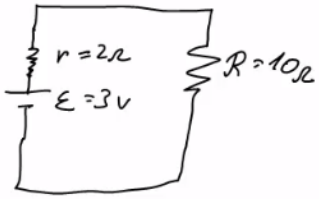


תשובות סופיות

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) $I=\frac{40}{11}A\ ,\ I_1=\frac{10}{11}A\ ,\ I_2=\frac{30}{11}A$

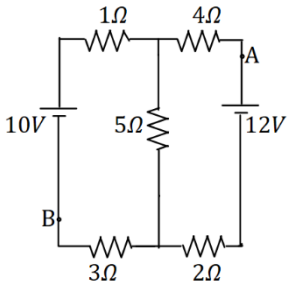
10) $R_T=\frac{66+24}{11}$

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

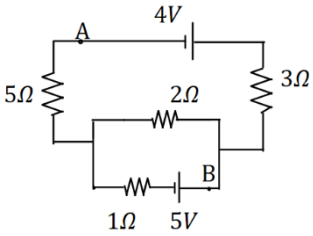


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

א. מצא את הזרמים במעגל.

ב. מצא את V_{AB} באמצעות שני מסלולים שונים.

2) קירכהוף תרגיל 2

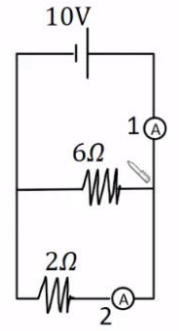


במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.

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. $V_{AB} = 12.49V$

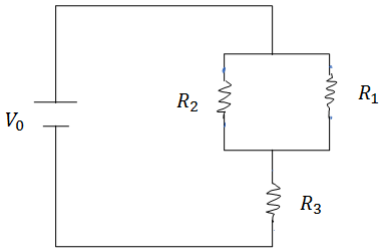
2) א. $I_1 = 0.08A\ ,\ I_2 \approx 1.69A\ ,\ I_3 \approx -1.61A$ ב. $V_{AB} = -3.79V$

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.

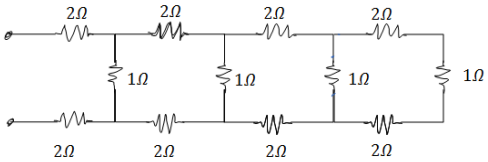
מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.

מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.

3) תרגיל 3

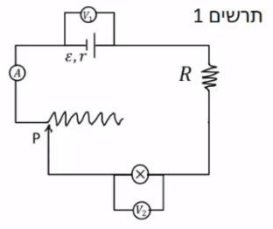
חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא:

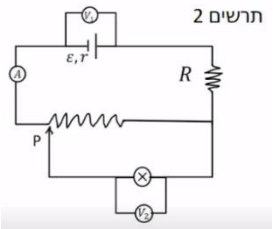
4) תרגיל 4



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 הגררה 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.

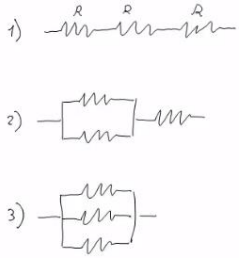
ד. האם הספק הסוללה גדל/קטן או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

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. $Q=124,333cal.$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 28 - יחידה 2 (ב) - קבלים

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 254
2. תרגילים נוספים 264

הרצאות ותרגילים:

רקע:

קבל הוא רכיב חשמלי היכול לאגור מטען
קיבול הוא היחס בין המטען על הקבל לבין המתח בו הוא נמצא
הנוסחה הבסיסית של קבל:

$$C = \frac{Q}{V}$$

C - הקיבול של הרכיב
V - המתח בין שני החלקים
Q - המטען על הלוח החיובי

יחידות הקיבול הן Farad

$$1 \cdot \text{Farad} = \frac{1 \cdot \text{Coulomb}}{1 \cdot \text{Volt}}$$

סוגי קבלים נפוצים- קבל לוחות, קבל כדורי וקבל גלילי. בדר"כ נעסוק בקבלים עם שני לוחות (קבל לוחות)

הקיבול של קבל לוחות: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

A - שטח כל לוח. d - המרחק בין הלוחות.

תכונת הקיבול - הקיבול תלוי רק במבנה הגיאומטרי (אף פעם לא יהיה תלוי במטען על הקבל או במתח שנופל עליו) לכן הוא תמיד קבוע במעגל.

סימון הקבל במעגל הוא

כאשר מחברים קבל למקור הוא מתחיל לאגור מטען , תהליך זה נקרא טעינה.
התהליך נפסק כאשר המתח בקבל שווה והפוך למתח המופעל עליו, ברגע זה כבר לא יזרום זרם דרך הקבל.
לכן נהוג לומר ש**לאחר שעבר זמן רב הקבל מתנהג כמו נתק** במעגל .

חיבור קבלים במקביל:

תנאי- המתח על הקבלים שווה וזהה למתח על הקבל השקול
נוסחה לקבל השקול:

$$C_T = C_1 + C_2$$

המטען על הקבל השקול שווה לסכום המטענים על כל הקבלים.

חיבור קבלים בטור:
תנאי: המטען על כל הקבלים זהה
נוסחה לקבל השקול:

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

המתח על הקבל השקול שווה לסכום המתחים של כל הקבלים

אנרגיה האגורה בקבל:

$$U_c = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

העבודה שמבצעת הסוללה לטעינת קבל:

$$W = QV = 2U_c$$

חומרים דיאלקטרים בקבל:
הכנסת חומר דיאלקטרי לקבל מקטינה את השדה והמתח בקבל ולכן מגדילה את הקיבול

נוסחה לקבל המלא בחומר דיאלקטרי אחיד:

$$C' = \varepsilon_r C_0$$

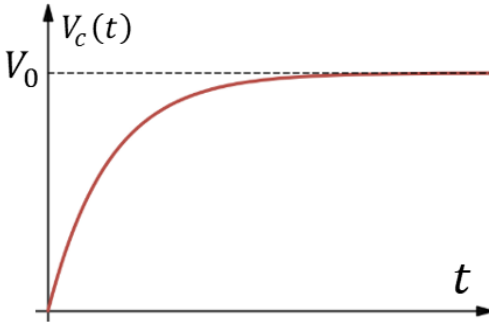
במידה והקבל אינו מלא בחומר אחיד , ניתן לפצל אותו לקבלים חלקיים, לחשב את הקיבול של כל אחד ולחבר חזר לפי החוקים של חיבור קבלים בטור או במקביל.

טעינה של קבל:
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה

$$V_c(t) = V_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

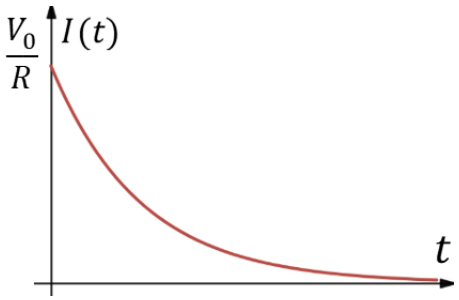
$$q_c(t) = CV_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

V_0 - המתח של הסוללה
R - התנגדות המעגל



הזרם כתלות בזמן:

$$I(t)=\frac{V_0}{R}e^{-\frac{t}{RC}}$$



פריקה של קבל:

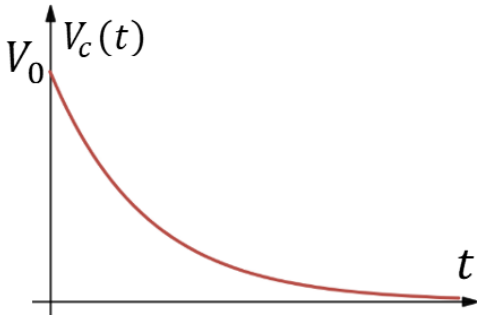
המתח והמטען כתלות בזמן במהלך הטעינה

$$V_c(t)=V_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$q_c(t)=CV_0e^{-\frac{t}{RC}}$$

V_0 - המתח ההתחלתי (המטען ההתחלתי $Q_0=CV_0$)

הזרם כתלות בזמן זהה לטעינה

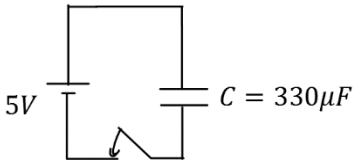


זמן אופייני $\tau=RC$ נהוג להגיד שלאחר זמן של 5τ הקבל טעון/פרוק לגמרי

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.

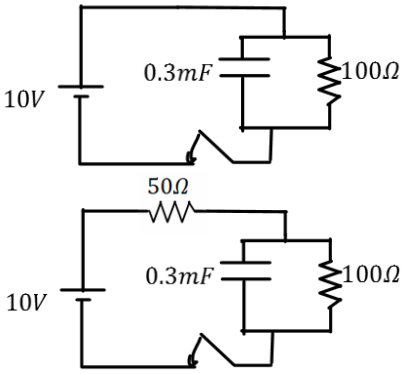
א. מצא את הקיבול של הקבל.

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

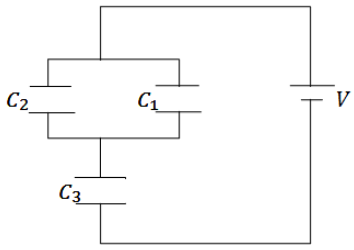
קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח 2cm^2 ומרחק בין הלוחות 0.3mm.

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

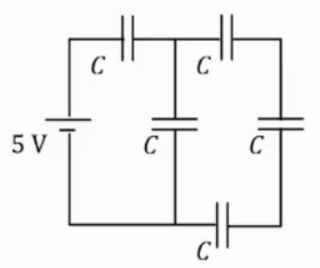
במעגל הבא נתון מתח הסוללה $V = 3V$ והקיבול של כל קבל: $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 3\mu F$, $C_3 = 5\mu F$.



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.

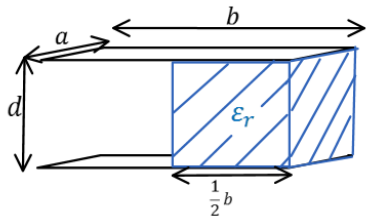
חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

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. $a = 3cm$, $b = 4cm$, $d = 2mm$.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

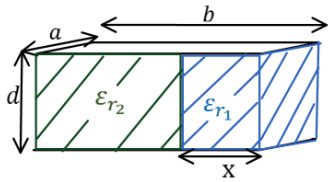
ממלאים את חציו הימיני של הקבל בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

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. $a = 5cm$, $b = 6cm$, $d = 1mm$.

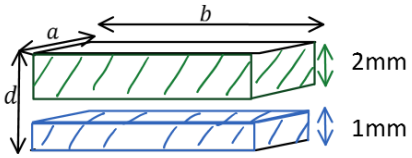
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1cm$ בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_1} = 4$, ואת החלק הנותר בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\varepsilon_{r_2} = 2$ (ראה איור).

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?

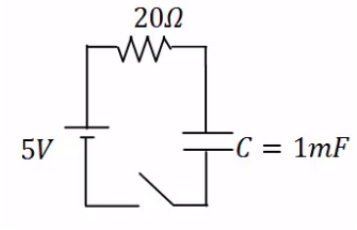
14) קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני



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).

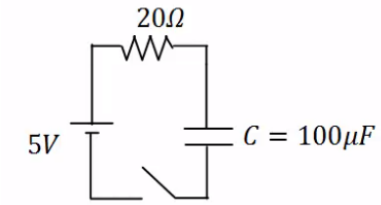
א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.
ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.
כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

15) טעינה



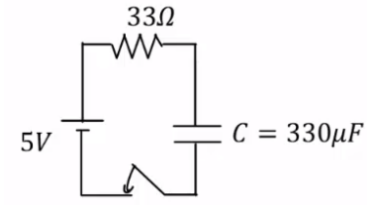
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 1\text{mF}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 20\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?
ב. המתח על הקבל באותו הרגע?
ג. מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

16) זמן אופייני



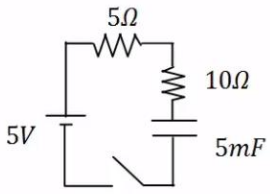
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 100\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 100\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?

17) חישוב זרם



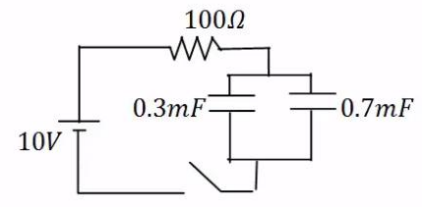
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא: $C = 330\mu\text{F}$,
התנגדות הנגד היא: $R = 33\Omega$ ומתח המקור
הוא: $V_0 = 5\text{V}$. סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו הזרם במעגל ב-$t = 0.005\,\text{sec}$?
ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?

18) שני נגדים



במעגל הבא סוגרים את המפסק ב-$t = 0$.
א. מהו הזמן האופייני במעגל?
ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים: $t = 0.01\ ,\ 0.6\,\text{sec}$.

19) שני קבלים

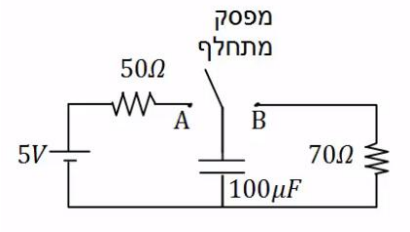


במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t=0$.

א. מהו הזמן האופייני במעגל?

ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל בזמנים: $t=0.2\ ,\ 0.8\sec$.

20) דוגמה מסכמת



במעגל הבא מחברים את המפסק המתחלף לנקודה A ומחכים זמן רב.

א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.
מהו "זמן רב"?

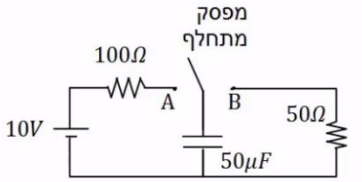
לאחר מכן מעבירים את המפסק לנקודה B.

ב. רשום שוב את המתח על הקבל כתלות בזמן.

21) מתג מתחלף

במעגל הבא מחברים ב- $t=0$ את המפסק המתחלף לנקודה A.

ב- $t=0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.



א. רשום את המתח על הקבל כתלות בזמן.

ב. מה המטען על הקבל ב- $t=0.02$?

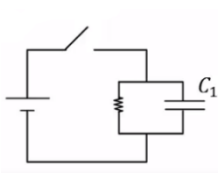
ג. רשום את הזרם כתלות בזמן.

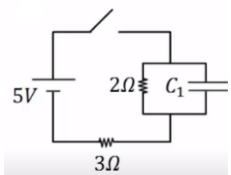
ד. צייר גרפים עבור המתח והזרם כתלות בזמן.

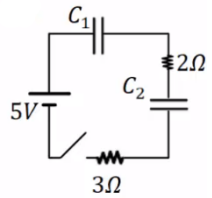
22) מציאת זרם במספר מעגלים

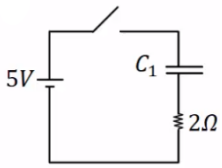
מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים. ברגע סגירת המתג הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטים אידיאלים.

א. ב. ג. ד.









23) קבלים במעגל בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם:

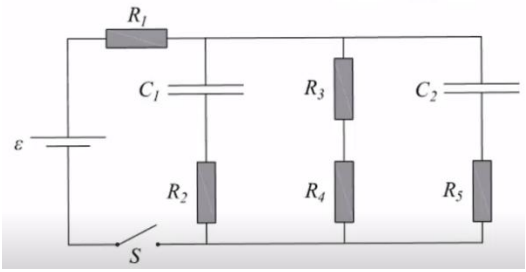
$R_1 = 4\Omega \ , R_2 = 3\Omega \ , R_3 = 2\Omega \ , R_4 = 1\Omega \ , R_5 = 6\Omega \ , \varepsilon = 24V \ , C_1 = 2\mu F \ , C_2 = 4\mu F$

לפני סגירת המפסק הקבלים אינם טעונים.

א. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל ברגע סגירת המפסק?

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים במעגל זמן רב לאחר סגירת המפסק?

ג. מהו המטען על כל אחד מהקבלים זמן רב לאחר סגירת המפסק?



תשובות סופיות:

1) א. $I = 0$ ב. $|V_c| = 5V$ ג. $1.65mc$ ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu F$ ב. $1.8V$

3) א. $V_c = V_0 = 10V, Q = 3mc$ ב. $I = 0.1A$

ג. $I = 0.067A \ , V_c = 6.7 \ , \ Q = 2.01mc$

4) א. $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12} F$ ב. $Q = 17.7pC$

5) $q_1 = 3\mu C \ , \ q_2 = 4.5\mu C \ , \ q_3 = 7.5\mu C$

6) א. $C_{T_1} = \frac{C}{3} \ , \ C_{T_2} = \frac{4C}{3} \ , C_T = 114\mu F$

ב. $q_1 = q_T = 571\mu c \ , q_2 = q_3 = q_4 = q_{T_1} = 143\mu c$

$V_1 = 2.86V \ , \ V_5 = 2.14V \ , \ V_2 = V_3 = V_4 = 0.715V$

7) א. $C = 6.64pF$ ב. $Q = 19.9pc$ ג. $C' = 3.32pF$ 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. $C=5.31\text{pF}$ ב. $C_T=10.62\text{pF}$ ג. $U_c=132.75\text{pJ}$

13) א. $C_T=61.95\text{pF}$ ב. $Q=309.75\text{pc}\ ,\ U_c=1548.75\text{pJ}$

14) א. $C_T 11.8\text{pF}$ ב. $q=59\cdot10^{-9}\text{c}\ ,\ U_c=1.475\cdot10^{-7}\text{J}$

15) א. $q_C(t)\approx1.97\cdot10^{-3}\text{C}$ ב. $V_C=1.97\text{V}$

ג. $q_C(t=0.1)=4.97\cdot10^{-3}\text{C}\ ,\ V_C=4.97\text{V}$

16) $q_C=5\cdot10^{-4}\text{C}\ ,\ V_C=V_0=5\text{V}$

17) א. $I(0.005)\approx0.096\text{A}$ ב. $P\approx0.305\text{W}$

18) א. $\tau=0.075\,\text{sec}$

ב. $V_C(t=0.01)=0.624\text{V}\ ,\ I(t=0.01)\approx0.292\text{A}\ ,\ V_C(t=\infty)=5\text{V}\ ,\ I(t=\infty)=0$

19) א. $\tau=0.1\text{sec}$

ב. $V_T(t=0.2)=8.65\text{V}\ ,\ q_1(t=0.2)=2.60\cdot10^{-3}\text{C}\ ,\ q_2(t=0.2)=6.01\cdot10^{-3}\text{C}$

20) א. $V_C(t)=5\text{V}\left(1-e^{-\frac{t}{5\cdot10^{-3}}}\right)$ ב. $V_C(t)=5\cdot e^{-\frac{t^*}{7\cdot10^{-3}}}$

21) א. $V_C(t)=\begin{cases}10\left(1-e^{-\frac{t}{0.005}}\right) & 0<t<0.01\\ 8.65\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01<t\end{cases}$ ב. $q_C(t=0.02)\approx7.92\cdot10^{-6}\text{C}$

ג. $I(t)=\begin{cases}\frac{10}{100}\cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0<t<0.01\\ \frac{8.65}{50}\cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.1<t\end{cases}$ ד. ראה סרטון.

22) א. $I(t=0)=2.5\text{A}$ ב. $I=1\text{A}$ ג. $I=\frac{5}{3}\text{A}$ ד. $I(t=0)=\infty$

23) א. $I_T=I_1\approx4.62\text{A}\ ,\ I_2\approx1.85\text{A}\ ,\ I_{3,4}=1.85\text{A}\ ,\ I_5\approx0.92\text{A}$

ב. $I_{1,3,4}=3.43\text{A}\ ,\ I_{2,5}=0$ ג. $q_1\approx20.58\cdot10^{-6}\text{C}\ ,\ q_2\approx41.16\cdot10^{-6}\text{C}$

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 $d=1mm$.

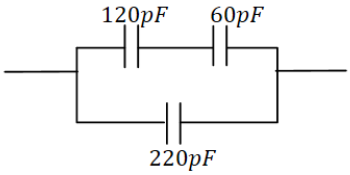
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?

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 $5V$.

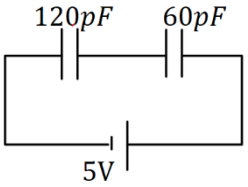
3) תרגיל 3 - חיבור קבלים

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.

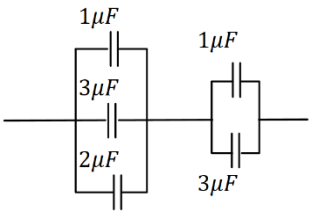


5) תרגיל 5 - חיבור קבלים

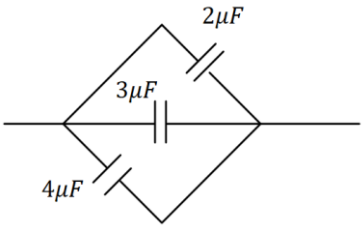
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

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

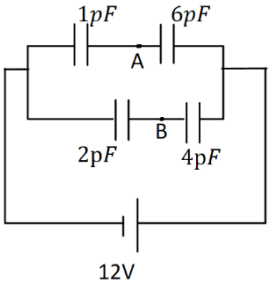


נתונה מערכת הקבלים הבאה:

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

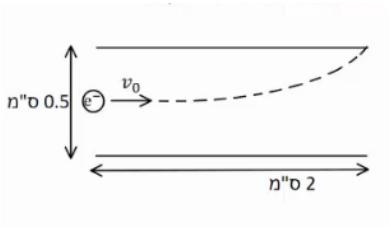


במעגל הבא נתון הקיבול של כל קבל ומתח הסוללה:

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).

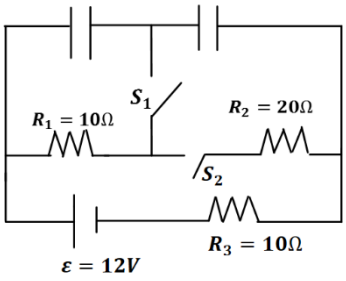
האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.

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?

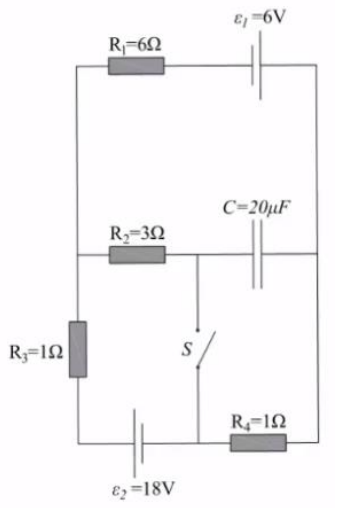
10) תרגיל 2 - מעגלים חשמליים

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?

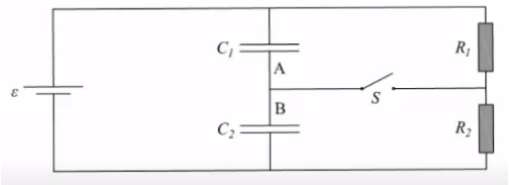
ג. מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח?

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.

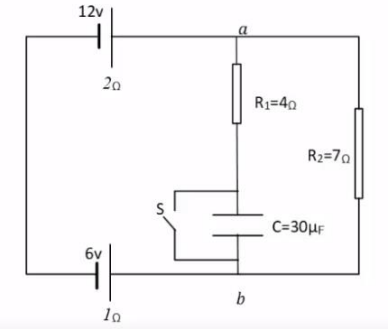
פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.

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?

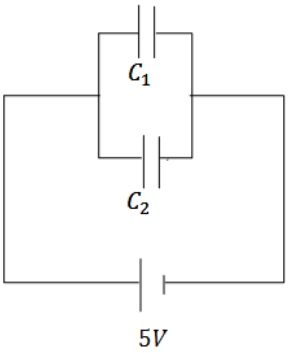
ב. מהו המתח בין הנקודות a ו- b?

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

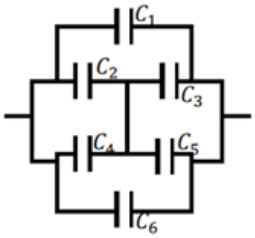
קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2cm$ ומרחק בין הלוחות $d = 1mm$, נטען ע"י סוללה במתח $3V$. אחרי שהקבל נטען במלואו מנתקים את הסוללה ומרחיקים את הלוחות למרחק $3d$.

א. מצא את הפרש הפוטנציאל החדש על הקבל.

ב. מצא את האנרגיה ההתחלתית והסופית האגורה בקבל.

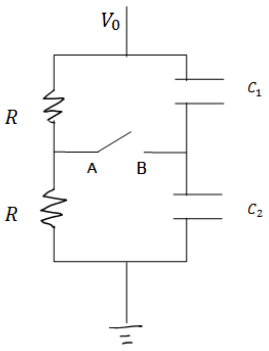
ג. מצא את העבודה הנדרשת ע"מ להרחיק את הלוחות ע"י הגדרת העבודה.

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



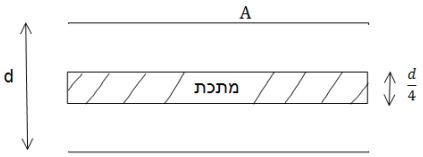
במעגל הבא מחזיקים את הקצה העליון בפוטנציאל קבוע, ונתון V_0 הקצה התחתון מוארק.
נתון: הקיבול של כל קבל, ההתנגדות הזהה של הנגדים.

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 $\left(d \ll \sqrt{A}\right)$.

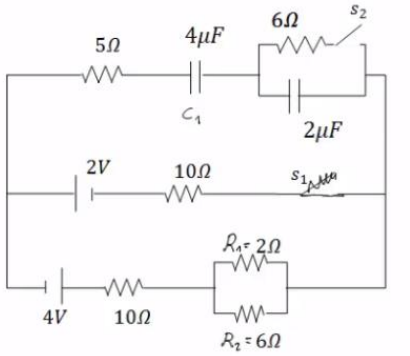


א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

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



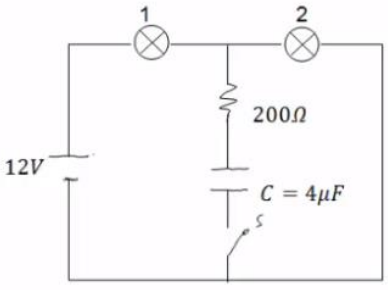
חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב כאשר המפסקים במצב הבא:

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 200Ω.

א. חשב את התנגדות המתח וההספק החשמלי של כל נורה כאשר המפסק פתוח.

ב. חשב את המתח על הקבל אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.

תשובות סופיות:

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. $q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}\ ,\ q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}\ ,\ \Delta q = \frac{V_0}{2}(C_2 - C_1)$

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. $V_C = 6.68V$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 29 - יחידה 3 (ב) - השדה המגנטי

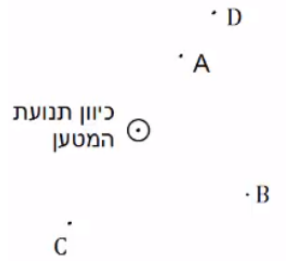
תוכן העניינים

1. הסברים ודוגמאות 271
2. סיכום ותרגילים נוספים 273

הסברים ודוגמאות:

שאלות:

1) דוגמה 1

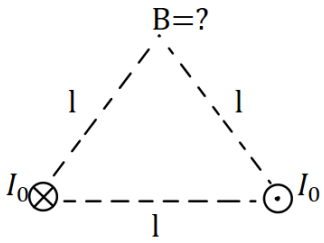


מטען נע מהדף אלינו.
צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות: A , B , C , D.

2) דוגמה 2

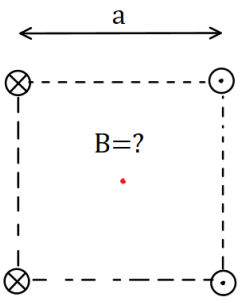
מטען נע במישור הדף כלפי מעלה.
מה כיוון השדה המגנטי שיוצר המטען משני הצדדים של הקו עליו נע המטען?

3) דוגמה 3 - שדה בפינת משולש



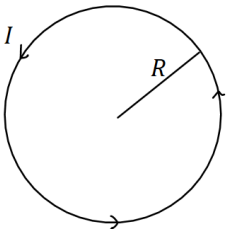
במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים הנושאים זרם $I_0 = 2A$.
התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 20_{c.m}$.
התיילים מונחים במקביל כך שבאחד הזרם נכנס לתוך הדף ובשני הזרם יוצא מן הדף.
חשב את השדה המגנטי בקודקוד השלישי של המשולש (גודל וכיוון).

4) דוגמה 4 - שדה במרכז ריבוע



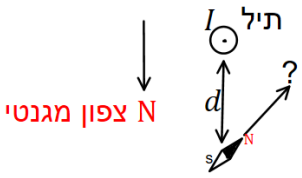
במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע $a = 10_{c.m}$.
גודל הזרם בכל התיילים זהה ושווה ל-$I = 3A$.
כיוון הזרם מתואר באיור.
מהו השדה המגנטי במרכז הריבוע?

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.

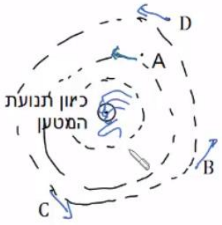
6) דוגמה 6 - שדה של תיל וכדה"א



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) $\vec{B} = -24.24\cdot10^{-6}T\,\hat{y}$

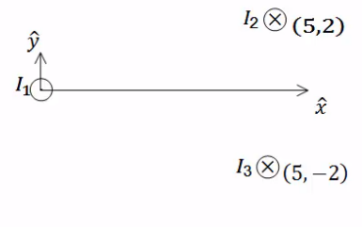
5) $B = 8\pi\cdot10^{-7}T$

6) $\theta \approx 55.4°$

סיכום ותרגילים נוספים:

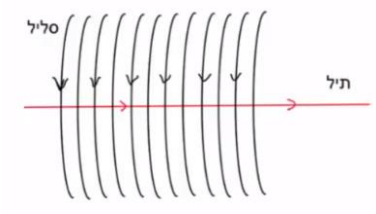
שאלות:

1) שדה של שלושה תילים אינסופיים



שלושה תילים אינסופיים המקבילים לציר ה- z מונחים במיקומים הבאים: $\vec{r}_3(5,-2)$, $\vec{r}_2(5,2)$, $\vec{r}_1(0,0)$.
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. $B_T\approx 5.4\cdot 10^{-6}T$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 30 - יחידה 3 (ב) - הכוח המגנטי (חוק לורנץ)

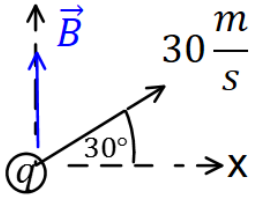
תוכן העניינים

1. הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה 274
2. יישומים של הכוח המגנטי ..... (ללא ספר)
3. כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים 276
4. סיכום ..... (ללא ספר)
5. תרגילים נוספים 278

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

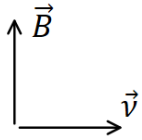
מטען $q=3c$ נע במהירות $\vec{v}=2\frac{m}{sec}\hat{x}+4\frac{m}{sec}\hat{y}$.

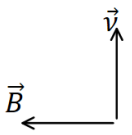
במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד $\vec{B}=5T\,\hat{y}$.

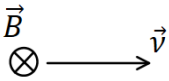
מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

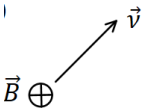
3) דוגמה 3

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. 

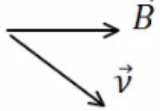
ב. 

ג. 

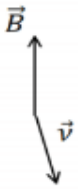
ד. 

4) דוגמה 4

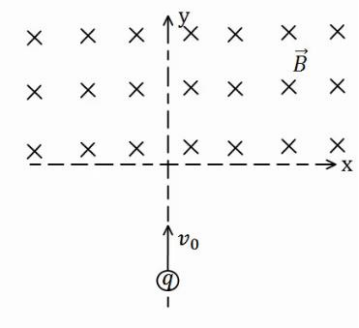
מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:

א. 

ב.

ג. 

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:

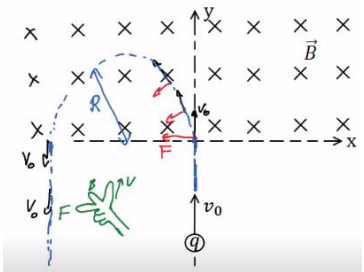
1) $F_B\approx 207.8N$

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.

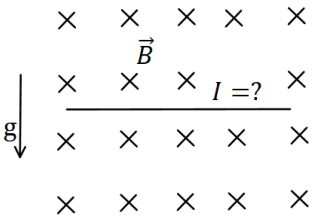


ב. $x=-2cm\ ,\ y=0$

כוח על תיל נושא זרם ובין תיילים:

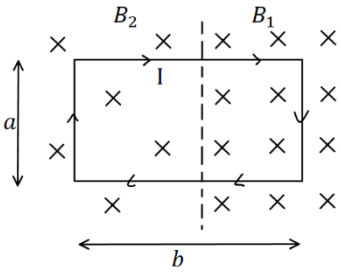
שאלות:

1) דוגמה 7



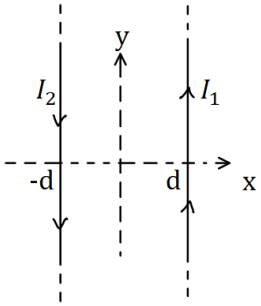
תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד $B=10^{-2}T$ לתוך הדף. צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא $\lambda=20\frac{gr}{cm}$.
מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

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 $(a=0.5m)$.

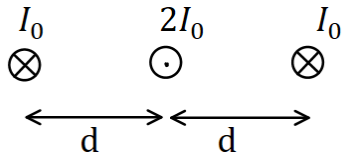
3) דוגמה 9



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.

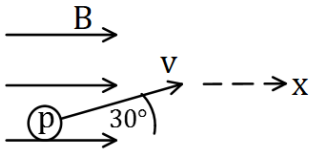
3) $F_1 = 10^{-6} \hat{x}$, $F_2 = -10^{-6} \hat{x}$

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?

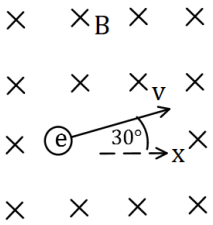
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

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.

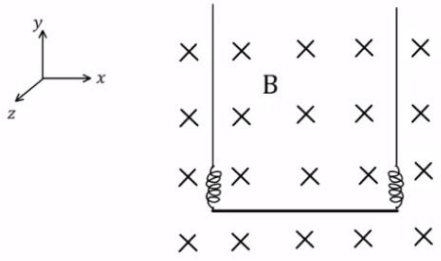


א. מהו הכוח הפועל על האלקטרון ברגע זה (גודל וכיוון)?

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

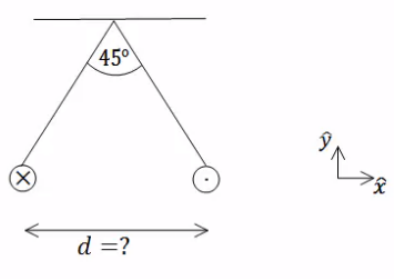


תחל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר x על ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף.
אורך התיל המוליך הוא $0.4m$ ומסתו היא $0.03kg$. גודל השדה המגנטי הוא $B=0.2T$
וקבוע הקפיץ הוא $k=10\frac{N}{m}$, ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

א. מהו גודל וכיוון הזרם בתיל אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?

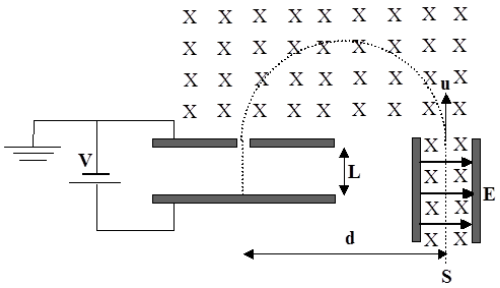
ב. בכמה יתארכו הקפיצים אם יהפכו את הזרם בתיל? תזכורת: גודל הכוח שמפעיל קפיץ הוא $F=k\Delta l$ כאשר Δl היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.

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 החלקיקים.
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. $F=8\cdot10^{-13}\text{N}$, כיוון: לתוך הדף. ב. $a=4.79\cdot10^{14}\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

2) א. $F=8\cdot10^{-11}\text{N}$, כיוון $60°$ מתחת לציר ה-x. ב. $R=1.14\cdot10^{-7}\text{m}$

3) א. $I=3.75\text{A}$, כיוון: חיובי של ציר x. ב. $\Delta l=0.03\text{m}$

4) $d=0.241\text{m}$

5) א. $u=\frac{E}{B}$ ב. $d=\frac{2mE}{qB^2}$ ג. $t=\frac{\pi}{qB}\text{m}$ ד. $V=\frac{mE^2}{2qB^2}$ ה. $t=\frac{BL}{E}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 31 - יחידה 3 (ב) - חוק פארדיי

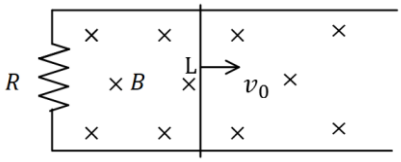
תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 281

הרצאות ותרגילים:

שאלות:

1) מוט נע על מסילה



מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן.
בקצה המסילה ישנו נגד R. מהירות המוט היא v_0
ואורכו L. במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B.

א. מהו הכא"מ במוט?

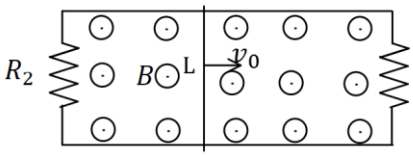
ב. מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?

ג. מהו הכוח המגנטי הפועל על המוט?

ד. מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

2) המסילה מחוברת משני הצדדים

מוט מוליך נע על מסילה, העשויה ממוליכים גם כן.
בשני קצוות המסילה ישנם נגדים: $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 3\Omega$.



מהירות המוט היא: $v_0 = 5\frac{m}{sec}$ ואורכו: $L = 20cm$.
במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד החוצה מהדף $B = 1T$.

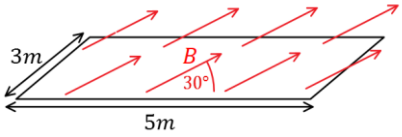
א. מהו הכא"מ במוט?

ב. מהו הזרם בכל נגד ובמוט (גודל וכיוון)?

ג. מהו הכוח החיצוני הדרוש על מנת להזיז את המוט במהירות קבועה?

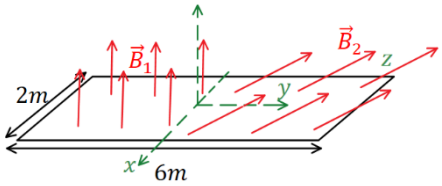
3) חישוב שטף אחיד

באיור הבא נתון כי השדה המגנטי על המשטח זהה בכל נקודה (שדה אחיד).
גודלו הוא $B = 2T$ והזווית בינו למשטח היא $30°$.
אורך המשטח הוא $5m$ ורוחבו הוא $3m$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.



4) חישוב שטף מפוצל

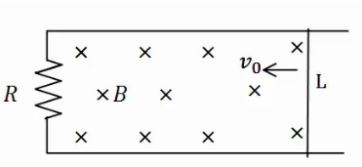
באיור הבא נתון משטח המונח על מישור xy.
אורך המשטח הוא $6m$ ורוחבו הוא $2m$.
השדה המגנטי בחציו השמאלי של המשטח
הוא: $\vec{B}_1 = 2T\hat{z}$, שדה אחיד.



בחציו הימני של המשטח השדה הוא: $\vec{B}_2 = 7T\hat{y} + 3T\hat{z}$.
מצא מהו השטף דרך המשטח.

5) עוד מוט ומסילה

מוט מוליך נע על מסילה העשויה ממוליכים גם כן. בקצה המסילה ישנו נגד R, מהירות המוט היא v_0 ואורכו L. במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד לתוך הדף B.

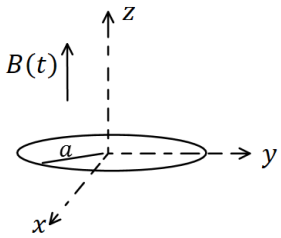


א. מהו הכא"מ במעגל לפי חוק פארדיי (גודל וכיוון)?

ב. מהו הזרם בנגד גודל וכיוון?

ג. חשב את הכא"מ לפי הנוסחה של כא"מ במוט ומצא את כיוון הזרם. הראה שהתוצאה זהה.

6) טבעת ושדה משתנה בזמן

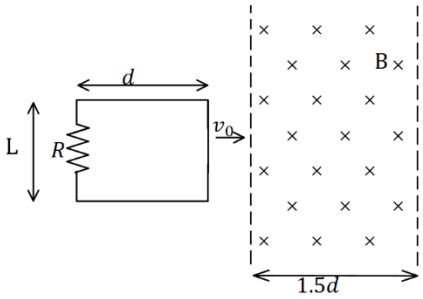


טבעת עשויה מחומר מוליך מונחת על מישור xy.
רדיוס הטבעת הוא a והתנגדותה הכוללת R.
בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד בכיוון z,
המשתנה בזמן לפי הנוסחה $B(t)=\alpha t$ כאשר α קבועה.

א. מצא את הכא"מ בטבעת.

ב. מהו הזרם בטבעת גודל וכיוון.

7) מסגרת נכנסת לשדה



מסגרת מלבנית בעלת אורך d ורוחב L, נעה במהירות קבועה v_0, לכיוון אזור בו שורר שדה מגנטי אחיד B. אורך האזור הוא 1.5d ורוחבו ארוך מאוד.
למסגרת התנגדות כוללת R.
הנח כי ב-$t=0$ הצלע הימנית של המסגרת נכנסת לאזור עם השדה.

א. מצא את הכא"מ במסגרת (כתלות בזמן).

ב. מצא את הזרם במסגרת, גודל וכיוון(כתלות בזמן).

ג. מצא את הכוח הדרוש להפעיל על המסגרת, על מנת שתנוע במהירות קבועה.

ד. מהו ההספק של הכוח ומהו ההספק שהופך לחום בנגד?

תשובות סופיות:

1) א. $\varepsilon = BLv_0$ ב. נגד כיוון השעון, $I = \frac{BLv_0}{R}$. ג. $F = \frac{B^2L^2v_0}{R}$

ד. $F = \frac{B^2L^2v_0}{R}$

2) א. $\varepsilon = 1V$ ב. $I_1 = 0.5A$, $I_2 = \frac{1}{3}A$, $I_3 = \frac{5}{6}A$ ג. $F = \frac{1}{6}N$

3) $\phi_B = 15T \cdot m^2$

4) $\phi_B = 30T \cdot m^2$

5) א. עם כיוון השעון, $|\varepsilon| = |BLv_0|$ ב. $I = \frac{BLv_0}{R}$ ג. $\varepsilon = BLv_0$

6) א. $|\varepsilon| = \alpha\pi a^2$ ב. $I = \frac{\alpha\pi a^2}{R}$

7) א.
$$\varepsilon = \begin{cases} -BLv_0 & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ BLv_0 & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ב.
$$I = \begin{cases} \frac{BLv_0}{R} \ anticlockwise & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{BLv_0}{R} \ clockwise & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ג.
$$\vec{F} = \begin{cases} \frac{B^2L^2v_0}{R}\hat{x} & x < d \\ 0 & d < x < 1.5d \\ \frac{B^2L^2v_0}{R}\hat{x} & 1.5d < x < 2.5d \end{cases}$$

ד.
$$P = I^2R = \begin{cases} \frac{B^2L^2v_0}{R} \\ \frac{B^2L^2v_0}{R^2} \end{cases}$$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 32 - יחידה 3 (ב) - מעגלי זרם חילופין

תוכן העניינים

1. הרצאות ותרגילים 284

הרצאות ותרגילים:

רקע:

המתח והזרם במעגלי זרם חילופים :

$$V(t) = V_{max}\sin(\omega t + \theta)\ ;\ \ I(t) = I_{max}\sin(\omega t)$$

ניתן לעבוד גם עם פונקציית קוסינוס במקום סינוס ההבדל יהיה רק בפאזה. הפאזה בפונקציית סינוס גדולה ב- $\frac{\pi}{2}$ מהפאזה בקוסינוס

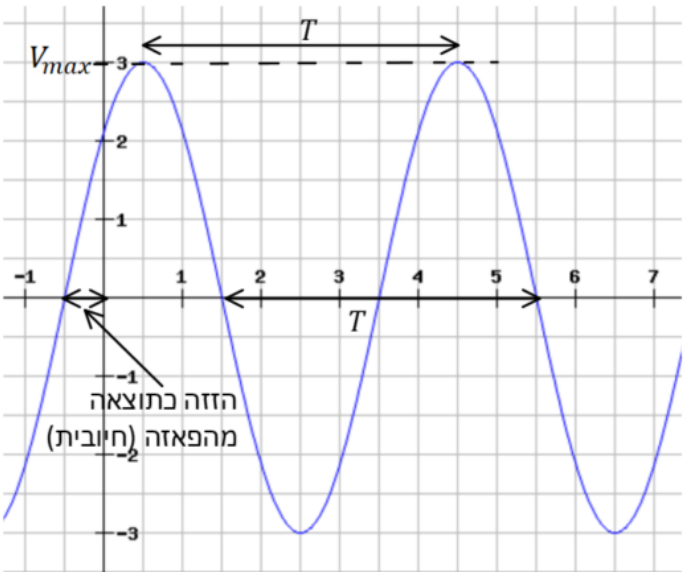
תדירות הזוויתית :

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

T זמן המחזור ו f -התדירות בהרץ

θ - היא הפאזה של המתח ביחס לזרם

דוגמה לגרף של המתח כתלות בזמן :



זמן מחזור הוא המרחק בין שיא לשיא וממנו ניתן לחשב את התדירויות.
הפאזה מזיזה את הגרף. פאזה חיובית מזיזה את הגרף שמאלה ושלילית ימינה.
לחישוב הפאזה ניתן לקחת מהגרף את הערך באפס (חיתוך עם הציר האנכי) ואת V_{max} :

$$V(0) = V_{max}\sin(\theta)$$

<u>נגד במעגל מתח חילופין :</u>

חוק אוהם:

$$V_R(t) = RI(t)$$

R - התנגדות הנגד (קבוע).
הפאזה של המתח בנגד היא אפס ביחס לזרם.

<u>קבל במתח חילופין:</u>
הגדרת הקיבול, והקשר של המתח לזרם:

$$Q(t) = CV_C(t) \;\; ; \;\; I(t) = \frac{dQ}{dt} \;\; \Rightarrow \;\; I(t) = C\frac{dV_C(t)}{dt}$$

C - קיבול (קבוע)
הפאזה של המתח בקבל היא $\theta = -\frac{\pi}{2}$ ביחס לזרם.

ההיגב של קבל:

$$x_c = \frac{1}{\omega c}$$

היגב מוגדר לפי $x = \frac{V_{max}}{I_{max}}$, להיגב יחידות של התנגדות ונותן אומדן לסוג של התנגדות של הרכיב במעגל.

בתדירות מאוד נמוכה , מתח המקור כמעט ולא משתנה ומקבלים מעגל מתח ישר , הקבל הופך לנתק. היגב גבוהה מאוד.

בתדירות מאוד גבוהה, המתח משתנה מהר מאוד והקבל לא מספיק להטען. הקבל הופך לקצר (מתח אפס). היגב נמוך מאוד.

<u>סליל במעגל מתח חילופין:</u>
הקשר בין המתח לזרם:

$$V_L(t) = L\frac{dI(t)}{dt}$$

L - השראות (קבוע)
הפאזה של המתח בסליל היא $\theta = \frac{\pi}{2}$ ביחס לזרם.

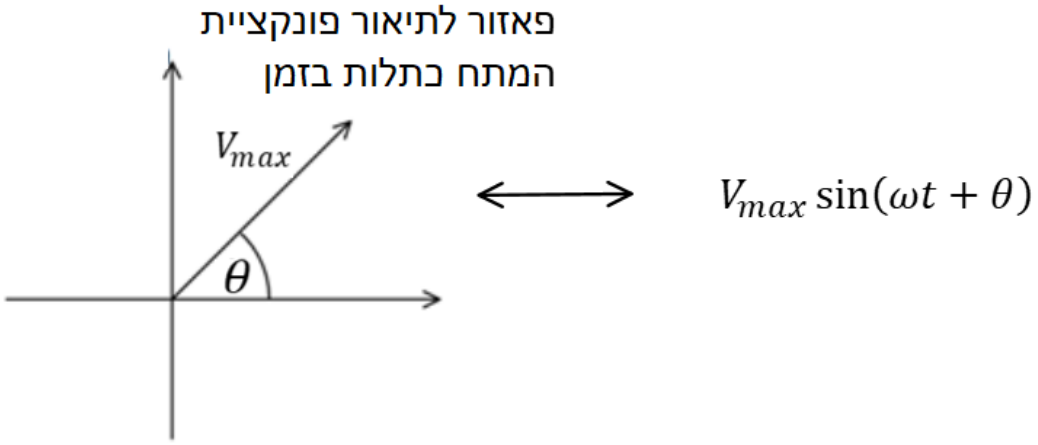
ההיגב של סליל:

$$x_L = \omega L$$

בתדירות מאוד נמוכה , אין שינוי בזרם ולכן המתח של הסליל אפס, הסליל מתנהג כמו קצר, היגב נמוך מאוד.

בתדירות מאוד גבוהה, שינוי זרם גדול יוצר מתח נגדי גדול בסליל. הסליל הופך לנתק.
היגב גבוה מאוד.

<u>פאזורים:</u>
פאזור הוא תאור של גודל סינוס המשתנה בזמן באמצעות וקטור. גודל הוקטור הוא הערך המקסימלי והזווית עם הציר האופקי היא הפאזה.



בשביל לחבר שני גדלים התלויים בזמן נחבר את הפאזורים שלהם (הקטור השקול מתאר את הערך המקסימאלי והפאזה של התוצאה).

<u>העכבה (אימפדנס) של המעגל</u>
עכבה היא "ההתנגדות השקולה" של מעגל מתח חילופין

$$Z=\frac{V_{s_{max}}}{I_{max}}=\sqrt{\left(X_{L_T}-X_{C_T}\right)^2+R_T^2}$$

השוויון האחרון נכון רק למעגל טורי.

$V_{s_{max}}$ - המתח המקסימאלי של המקור

R_T , X_{C_T} ו- X_{L_T} הם ההתנגדות השקולה, סכום ההיגבים של הקבלים וסכום ההיגבים של המשרנים.

זווית המופע של המקור:

$$\tan\theta_s=\frac{X_{L_T}-X_{C_T}}{R_T}$$

זרם אפקטיבי ומתח אפקטיבי:

$$I_{eff}=\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}\quad;\quad V_{eff}=\frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

הם שורש הממוצע של ריבוע הגודל (סוג של ממוצע בזמן רק לגודל המתח והזרם).

תהודה:
מצב שבו הזרם הזרם האפקטיבי מקסימאלי. מתרחשת כאשר פאזת המקור מתאפסת.
התדירות בה יש תהודה במעגל RLC טורי:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{Lc}}$$

הספק ממוצע בנגד:

$$\overline{P}_R = I_{eff} V_{R_{eff}} = I_{eff} V_{s_{eff}} \cos\theta_s$$

θ_s - הפאזה של המקור

גורם ההספק:

$$\cos\theta_s$$

היחס בין ההספק בנגד להספק בקבל והמשרן.

ככל שהגורם גבוה יותר כך ניצול האנרגיה במעגל טוב יותר.

שאלות:

1) חישוב נוסחה

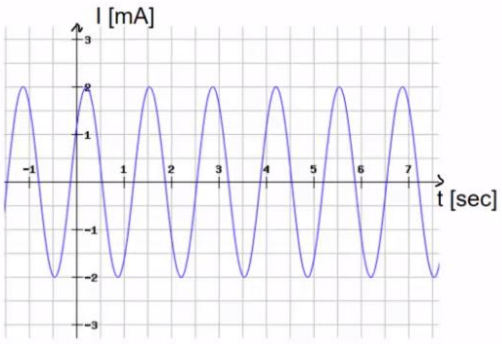
מקור מתח חילופין מספק מתח מקסימלי של 220 וולט בתדירות 50 הרץ.

א. מהו זמן המחזור של הפונקציה ומהי התדירות הזוויתית?

ב. רשום נוסחה למתח כתלות בזמן.

2) גרפים

בניסוי עם מעגל זרם חילופין הזרם במעגל נמדד באמצעות אמפרמטר המחובר למחשב. הזרם כפונקציה של הזמן ניתן מהמחשב בגרף הבא.



א. מהו הזרם המקסימאלי במעגל?

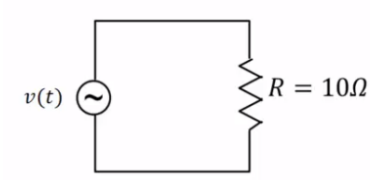
ב. מהו זמן המחזור של המקור ומהי התדירות הזוויתית?

ג. מהי זווית המופע של הזרם?

ד. רשום את הפונקציה של הזרם כתלות בזמן.

3) נגד ומקור בלבד

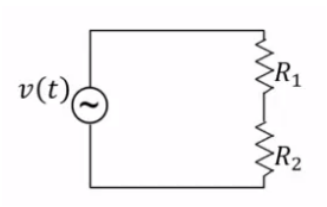
נגד בעל התנגדות של 10 אוהם מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 50 הרץ.



א. מהי התדירות הזוויתית של המקור?
ב. רשום נוסחה למתח המקור כתלות בזמן.
ג. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?

4) שני נגדים בטור

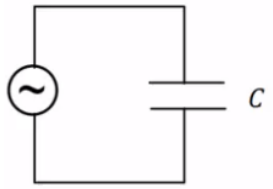
במעגל הבא שני נגדים: $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$ המחוברים בטור למקור מתח חילופין אידיאלי בעל מתח מקסימלי 5V ותדירות 10Hz.



א. מהו המתח כתלות בזמן של המקור?
ב. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?
ג. מהו הזרם בכל אחד מהנגדים?
ד. מהו המתח כתלות בזמן על כל נגד?

5) קבל ומקור

מקור מתח חילופין בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 100 הרץ מחובר לקבל בעל קיבול $C = 150\mu F$.

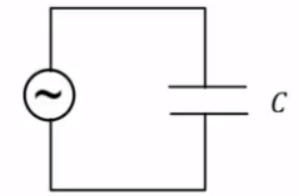


א. מצא את המתח של המקור כתלות בזמן.
ב. חשב את ההיגב של הקבל.
ג. מצא את הזרם בקבל כתלות בזמן.

6) חישוב קיבול מהיגב

במעגל של מקור אידיאלי וקבל בלבד נתון כי

מתח המקור הוא: $V_S(t) = 3\sin\left(120t - \frac{\pi}{2}\right)$ בוולט,

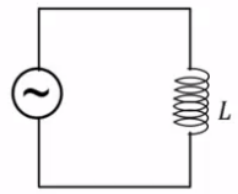


והזרם הוא: $I(t) = 0.02\sin(120t)$ באמפר.

א. מצא את ההיגב של הקבל.
ב. חשב את הקיבול של הקבל.

7) סליל ומקור

סליל בעל השראות $L = 30mH$ מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי בעל מתח מקסימאלי של 8 וולט ותדירות של 40 הרץ.



א. רשום נוסחה למתח המקור כתלות בזמן.
ב. חשב את העכבה של הסליל ואת הזרם המקסימאלי.
ג. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?

8) מצא את המתח

במעגל עם מקור מתח חילופין מחברים אמפרמטר בטור לסליל.
השראת הסליל היא: $L=50\text{mH}$. מדידת האמפרמטר מראה כי הזרם כתלות בזמן הוא: $I(t)=0.03\sin(20\pi\cdot t)$.

א. חשב את העכבה של הסליל.
ב. מהו המתח על הסליל כתלות בזמן?

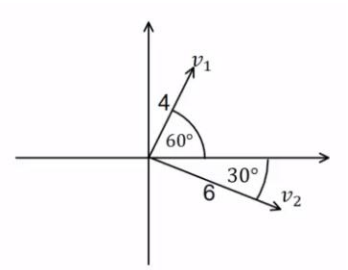
9) בניית פאזורים

צייר את הפאזור המתאים לכל אחת מהפונקציות הבאות על מערכת צירים:

א. $v_1(t)=2\sin\left(50t+\frac{\pi}{6}\right)$.

ב. $v_2(t)=4\sin\left(50t+\frac{\pi}{2}\right)$.

10) חישוב הפונקציות מהפאזורים



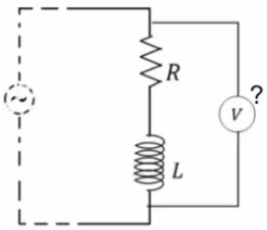
חשב את הפונקציה המתאימה לפאזורים הבאים אם ידוע כי תדירות המקור היא 50 הרץ.

11) חיבור שתי פונקציות

חבר את הפונקציות הבאות באמצעות פאזורים ובדוק כי התוצאה שקיבלת נכונה עבור הזמן $t=1\text{sec}$:

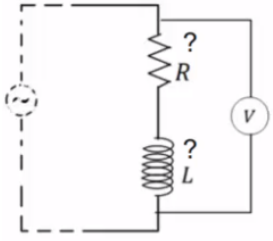
$$V_1(t)=5\sin\left(20t+\frac{\pi}{6}\right),\ V_2(t)=8\sin\left(20t-\frac{\pi}{4}\right)$$

12) חיבור סליל ונגד



סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.
המתח על הסליל כתלות בזמן הוא: $V_L(t)=4\sin\left(50t+\frac{\pi}{2}\right)$
והמתח על הנגד כתלות בזמן הוא: $V_R(t)=3\sin(50t)$.
מד מתח מודד את המתח על הסליל והנגד ביחד.
מהי פונקציית המתח כתלות בזמן שיראה מד המתח?

13) פירוק של סליל ונגד



סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.
מד מתח מודד את המתח על הסליל והנגד ביחד.
המתח שמודד מד המתח כתלות בזמן
הוא: $V_{LR}(t)=20\sin\left(20t+\frac{\pi}{3}\right)$ כאשר הפאזה היא

ביחס לזרם במעגל (כלומר הפאזה של הזרם היא אפס).
מהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הנגד ומהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הסליל?

14) פירוק קבל ונגד

קבל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.
מד מתח מודד את המתח על הקבל והנגד ביחד.

פונקציית המתח שמודד מד המתח כתלות בזמן היא: $V_{RC}(t)=5\sin\left(10t-\frac{\pi}{5}\right)$

כאשר הפאזה היא ביחס לזרם במעגל (כלומר הפאזה של הזרם היא אפס).
מהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הנגד ומהי פונקציית המתח כתלות בזמן של הקבל?

15) חישוב מתחים RLC

במעגל RLC נתון: $R=100\Omega$, $L=30mH$, $C=330\mu F$ והזרם כתלות בזמן הוא: $I(t)=0.03\sin(2\pi\cdot 40\cdot t)$ באמפר.
מצא את המתח כתלות בזמן בכל רכיב.

16) חישוב זרם

מקור מתח חילופין מחובר בטור לנגד סליל וקבל.
נתון כי: $R=10\Omega$, $L=33mH$, $C=100\mu F$.
תדירות המקור היא $50Hz$ והמתח המקסימאלי שלו הוא $5V$.

א. חשב את העכבה של המעגל.
ב. מה יהיה הזרם המקסימאלי במעגל?
ג. נגדיר את זווית המופע של הזרם להיות אפס, רשום נוסחה לזרם כתלות בזמן.

17) חישוב עכבה של סליל ונגד בלבד

נגד וסליל מחוברים בטור למקור מתח חילופין. התנגדות הנגד היא R, השראת הסליל היא L והתדירות הזוויתית של המקור היא ω.
חשב את העכבה של המעגל (התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים).

18) חישוב מתח מקור כתלות בזמן

במעגל מתח חילופין המכיל נגד, סליל וקבל המחוברים בטור
נתון: $R=20\Omega$, $L=30mH$, $C=100\mu F$.
הזרם במעגל כתלות בזמן הוא: $I(t)=0.1\sin(20\pi t)$ באמפר.

א. מצא את המתח כתלות בזמן בנגד, בקבל ובסליל.
ב. מצא את העכבה של המעגל וזווית המופע של המקור.
ג. רשום נוסחה למתח של המקור כתלות בזמן.

19) מתח מקסימאלי בארהב

בארה"ב המתח בשקע הוא 110 וולט, מהו המתח המקסימאלי בשקע אמריקאי?

20) תרגיל 1

מקור מתח חילופין בעל מתח מקסימאלי $120V$ ותדירות 40 הרץ מחובר לקבל בעל קיבול של $100\mu F$. המתח של הקבל בזמן אפס הוא אפס.

א. רשום ביטוי למתח על הקבל כפונקציה של הזמן.

ב. רשום ביטוי לזרם בקבל כתלות בזמן.

ג. מהו המתח האפקטיבי והזרם האפקטיבי במעגל?

21) תרגיל 2

מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 110 וולט ותדירות 40 הרץ מחובר לסליל של $100mH$ עם התנגדות פנימית של 30Ω.

הנח כי הזרם בזמן אפס שווה לאפס.

א. חשב את העכבה של המעגל.

ב. מה הביטוי לזרם בסליל כפונקציה של הזמן?

ג. מה הביטוי למתח של הסליל ומתח המקור כתלות בזמן?

22) תרגיל 3

מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 200 וולט ותדירות 50 הרץ מחובר לסליל של $80mH$ עם התנגדות פנימית של 50Ω.

הנח כי מתח המקור שווה לאפס בזמן אפס.

א. מה הביטוי למתח על הסליל כתלות בזמן?

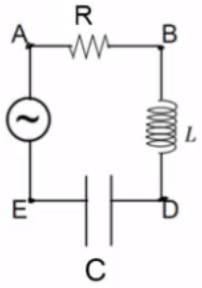
ב. מה הביטוי לזרם בסליל כפונקציה של הזמן?

ג. מה הקבל שיביא את המעגל לתהודה?

23) תרגיל 4

נתון המעגל שבאיור.

$V_S(t)=110\sin(200t)$, $R=50\Omega$, $L=50mH$, $C=70\mu F$.



א. מהו המתח האפקטיבי בין הנקודות AD?

ב. מהו המתח האפקטיבי בין הנקודות BE?

ג. מהו הפרש המופע בין הזרם ל- V_{AD} ?

ד. מהו הפרש המופע בין הזרם במעגל לבין V_{BE} ?

תשובות סופיות:

1) א. $\omega = 314\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, $T = 0.02\,\text{sec}$ ב. $V(t) = 220\text{v}\sin(314\cdot t)$

2) א. $I_{max} = 2\text{mA}$ ב. $T = \frac{4}{3}\text{sec}$, $\omega = 1.5\pi$ ג. $\theta = 0.675\text{rad}$

ד. $I(t) = 2\text{mA}\sin(1.5\pi\cdot t + 0.675)$

3) א. $\omega \approx 314\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $V(t) = 5\text{v}\sin(314\cdot t)$ ג. $I = 0.5\text{A}\sin(314\cdot t)$

4) א. $V(t) = 5\cdot\sin(62.8\cdot t)$ ב. $I_R = \frac{1}{3}\sin(62.8\cdot t)$

ג. $I_1 = I_2 = I_R = \frac{1}{3}\sin(62.8\cdot t)$ ד. $V_1(t) = \frac{5}{3}\sin(62.8\cdot t)$, $V_2(t) = \frac{10}{3}\sin(62.8\cdot t)$

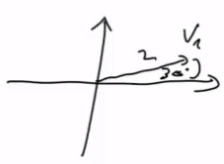
5) א. $V_S(t) = 5\sin(628t)$ ב. $x_C \approx 10.3\Omega$ ג. $I_C(t) = 0.485\text{A}\sin\left(628t + \frac{\pi}{2}\right)$

6) א. $x_C = 150\Omega$ ב. $C = 55.6\mu\text{F}$

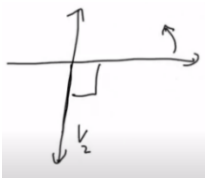
7) א. $V_S(t) = 8\sin(251t)$ ב. $x_L = 7.56\Omega$, $I_{max} \approx 1.06\text{A}$ ג. $I(t) = 1.06\sin\left(251t - \frac{\pi}{2}\right)$

8) א. $x_L = 3.14\Omega$ ב. $V_L(t) = 9.42\text{v}\sin\left(20\pi\cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$

9) א.



ב.



10) $V_1(t) = 4\sin\left(314t + \frac{\pi}{3}\right)$, $V_2(t) = 6\sin\left(314t - \frac{\pi}{6}\right)$

11) $V_3(t) = 12.9\sin(20t + 0.684)$

12) $V_{LR}(t) = 5\sin(50t + 0.93)$

13) $V_R(t) = 10\sin(20t)$, $V_L(t) = 10\sqrt{3}\cdot\sin\left(20t + \frac{\pi}{2}\right)$

14 $V_R(t)=4.05\sin(10t)$, $V_C(t)=2.94\sin\left(10t+\frac{\pi}{2}\right)$

15 $V_R(t)=3\sin(2\pi\cdot 40\cdot t)$, $V_L(t)=0.226\sin\left(2\pi\cdot 40\cdot t+\frac{\pi}{2}\right)$, $V_C(t)=0.317\sin\left(2\pi\cdot 40\cdot t-\frac{\pi}{2}\right)$

16 א. $\omega=23.7\Omega$ ב. $I_{max}\approx 0.211A$ ג. $I(t)=0.211\sin(314t)$

17 $z=\sqrt{R^2+(\omega L)^2}$

18 א. $V_R(t)=2\sin(20\pi t)$, $V_L(t)=0.188\sin\left(20\pi t+\frac{\pi}{2}\right)$, $V_C(t)=15.9\sin\left(20\pi t-\frac{\pi}{2}\right)$

ב. $z=160\Omega$ ג. $V_S(t)=16\sin(20\pi t+1.45)$

19 $V_{max}\approx 156V$

20 א. $V_C(t)=120V\sin(80\pi\cdot t)$ ב. $I(t)=3.02A\sin\left(80\pi t+\frac{\pi}{2}\right)$

ג. $Veff\approx 84.85V$, $Ieff\approx 2.135A$

21 א. $z_{Lr}=39.1\Omega$ ב. $I(t)=2.81A\sin(80\pi t)$

ג. $V_{LR}(t)=110V\sin(80\pi t+0.696)$

22 א. $V_{Lr}(t)=200\sin(100\pi\cdot t)$ ב. $I(t)=3.574\cdot sin(100\pi t-0.466)$

ג. $C=127\mu F$

23 א. $V_{ADeff}=50.1V$ ב. $V_{BEeff}\approx 60.3V$ ג. $\theta_{AD}\approx 0.198rad$

ד. $\theta_{BE}=-\frac{\pi}{2}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 33 - יחידה 4 (ב) - האטום- התפתחות הסטורית ומודל האטום של בוהר

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 294

הסבר ותרגילים:

רקע:

הנחות בוהר :

$$m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$$
$$E_{ph} = |E_f - E_i|$$

m_e – מסת האלקי

v_n – מהירות האלקי ברדיוס מסדר n .

r_n – הרדיוס ה- n .

n – מספר חיובי שלם ... $n = 1,2,3$

$h = 6.626 \cdot 10^{-34}\text{J} \cdot s$ הוא קבוע פלאנק.

E_{ph} – אנרגיית פוטון שנפלט/נבלע.

E_i ו- E_f הן אנרגיות האלק לפני ואחרי התהליך.

רמות אנרגיה באטום מימן:

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \qquad (U_\infty = 0)$$
$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} = 13.6eV$$

R^* – קבוע רידברג.

k – קבוע קולון.

$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$ – קבוע הפרמטיביות של הריק.

רדיוסי המסלולים המותרים של האלקטרון באטום מימן:

$$r_n = r_1 n^2$$
$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2} = 0.529\mathring{A}$$

r_1 – רדיוס הבסיס של האלקי

שאלות:

1) תרגיל 1 אטום מימן

איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:

א. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?

ב. פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?

ג. פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?

ד. אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?

היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

2) תרגיל 2 אטום מימן

בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהואצו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.

א. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?

ב. מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהואצו לאחר מעברם בגז?

ג. מה השינוי ברדיוס של האלקטרונים הקשורים שעוררו לרמה הגבוהה ביותר?

3) תרגיל 3 אטום מימן

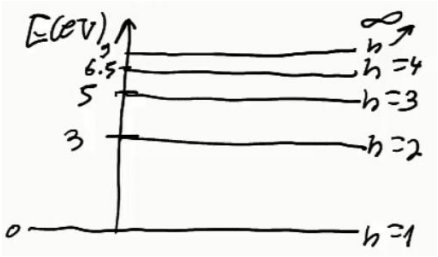
בניסוי נוסף הקרינו גז מימן ברמת היסוד בפוטונים בעלי אורך גל גדול ושווה מ-100 ננומטר, וקטן או שווה מ-400 ננומטר.

א. כיצד ייראה ספקטרום הבליעה של הגז?

ב. כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?

ג. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

4) גזים אחרים תרגיל 1



נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסוים:

א. איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?

ב. איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?

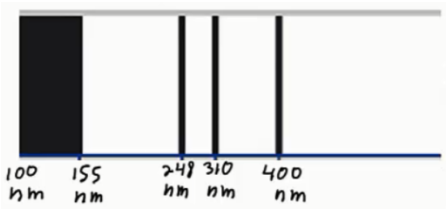
ג. במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

5) גזים אחרים תרגיל 2

מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל של: $180\text{nm} \le \lambda \le 700\text{nm}$.
מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל: $\lambda_1 = 620\text{nm}$, $\lambda_2 =$ $\lambda_3 = 248\text{nm}\,,\,400\text{nm}$.

א. חשבו ושרטטו את דיאגרמת רמות האנרגיה של גז זה.
ב. כמה קווים ספקטרליים יהיו בספקטרום הפליטה במצב המתואר למעלה?
ג. מאיצים אלקטרונים במתח של 5.5 וולט ולאחר מכן מכוונים אותם לתוך גז זה שנמצא מחדש ברמת היסוד.
עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

6) גזים אחרים תרגיל 3



בניסוי מסוים הוקרן גז לא ידוע באור בספקטרום רציף בתחום אורכי הגל של: $100\text{nm} \le \lambda \le 500\text{nm}$.
ספקטרום הבליעה של הגז כולל 3 קווים דקים חשוכים, ותחום רציף חשוך כמתואר בתרשים.

א. חשבו את הפרשי האנרגיה של 3 הרמות המעוררות האפשריות לחישוב ביחס לרמת היסוד.
ב. ענו על הסעיפים הבאים:
   i. הסבירו מדוע קיימת בליעה רציפה -$\lambda \le 155\text{nm}$.
   ii. חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.
ג. שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.
ד. חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.
ה. מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שייפלט מאטום זה?

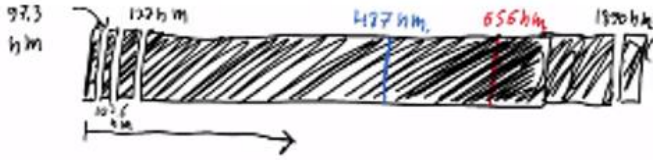
7) אטומים דמויי מימן תרגיל

א. שרטטו את 5 רמות האנרגיה הראשונות של הליום דמוי מימן + רמת היינון.
ב. מאיצים אלקטרונים חופשיים במתח של 50 וולט ואז יורים אותם לתוך גז זה.
   i. עד איזה רמה יעוררו האלקטרונים הקשורים?
   ii. עם איזה אנרגיה קינטית יכולים לצאת האלקטרונים החופשיים?
ג. כמה קווי פליטה יהיו בספקטרום הפליטה של הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?
ד. מאירים על גז זה בפוטונים בעלי אורך גל 62 ננומטר. תארו מה יקרה.

תשובות סופיות:

1) ראה סרטון.

2) א. 6 קווים בספקטרום הפליטה,



ב. 1. $E_k = 13eV$ - לא תהיה מסירה.

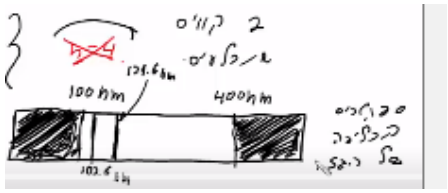
2. $1 \leftarrow 2$: מסירה של $10.2eV \leftarrow E_k = 2.8eV$.

3. $1 \leftarrow 3$: מסירה של $12.09eV \leftarrow E_k = 0.91eV$.

4. $1 \leftarrow 4$: מסירה של $12.75eV \leftarrow E_k = 0.25eV$.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10}m$

3) א.

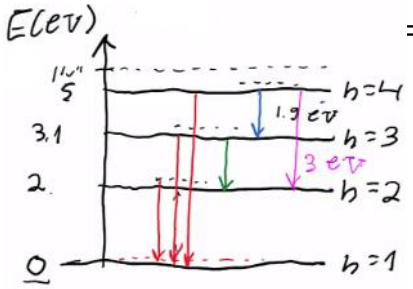


ב. ראה סרטון.

ג. $2.42 \cdot 10^{-19}J$

4) ראה סרטון.

5) א. $E_1 = 2eV$, $E_2 = 3.1eV$, $= 5eV$

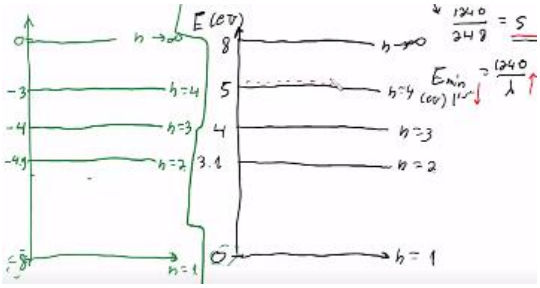


ב. 6 קווים בספקטרום הפליטה.

ג. ראה סרטון.

6) א. $\Delta E_{1\to2} = 3.1eV$, $\Delta E_{1\to3} = 4eV$, $\Delta E_{1\to4} = 5eV$

ב.i. ראה סרטון.



ב.ii. $8eV$.

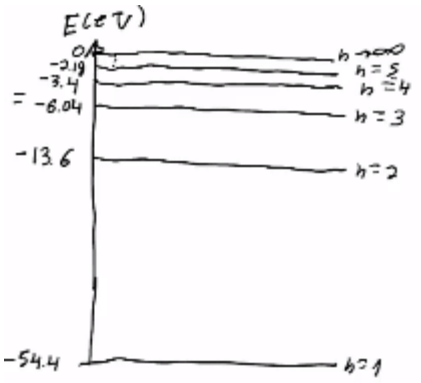
ג.

ד. $\lambda_{1_{4\to3}} = 1240nm$, $\lambda_{2_{4\to2}} = 653nm$, $\lambda_{3_{4\to1}} = 248nm$, $\lambda_{4_{3\to2}} =$, $1378nm$

$\lambda_{6_{2\to1}} = 400\text{nm}\ ,\ \lambda_{5_{3\to1}} = 310\text{nm}$.

ה. $1.24\cdot10^6\ \frac{m}{\text{sec}}$.

7) א.



ב.i. עירור עד רמה $n = 4$.

ii. $E_k = 52\text{eV}\ ,\ \text{E}_{k_{1\to2}} = 11.2\text{eV},\ \text{E}_{k_{1\to3}} = 3.64\text{eV},\ \text{E}_{k_{1\to4}} = 1\text{eV}$.

ג. 6 קווים ספקטרליים: $\lambda_1 = 470\text{nm}\ ,\ \lambda_2 = 122\text{nm}\ ,\ \lambda_3 = 24.3\text{nm}\ ,\ \lambda_4 = 164\text{nm}\ ,\ \lambda_5 = 25.6\text{nm}\ ,\ \lambda_6 = 30.4\text{nm}$.

ד. ראה סרטון.

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 34 - יחידה 5 (ב) - האפקט הפוטואלקטרי

תוכן העניינים

1. הסבר ותרגילים..... 299

הסבר ותרגילים:

רקע:

אנרגיה של פוטון:

$$E_{ph} = hf$$

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(\text{Å})} = \frac{1240}{\lambda(nm)}$$

אפקט פוטואלקטרי:

$$E_{ph} = E_k + B$$

שאלות:

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.

ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות: $f = 8 \cdot 10^{14}\,\text{Hz}$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.

א. מה פונקציית העבודה של התא?

ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?

ג. מה תהיה מהירותם?

ד. האם כל האלקטרונים הנפלטים בעלי מהירות זו? נמקו.

2) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 2

לתא פוטואלקטרי מסוים שורטט אופיין.

א. הסבר כיצד ישתנה אופיין זה אם נאיר את התא עם 2 מנורות זהות לבודדה שהארנו בה קודם.

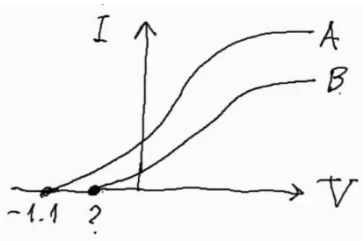
ב. הסבר מה ישתנה באופיין אם נשתמש במקור אור בעל אורך גל ארוך יותר.

ג. כיצד ישתנה האופיין אם נחליף הלוח הפולט במתכת בעלת פונקציית עבודה קטנה יותר.

3) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 3

בוצעו 2 ניסויים בתא פוטואלקטרי:

בפעם הראשונה התא הואר באור באורך גל: $\lambda_1 = 500$, ובפעם השנייה הואר באור באורך גל: $\lambda_2 = 550$.



תוצאות האופיין של 2 הניסויים לפניך.

א. לאיזה מהאופיינים מתאים כל אחד מאורכי הגל?

ב. מצא את פונקציית העבודה של המתכת.

ג. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים באופיין B.

ד. מצא את ערך סימן השאלה באופיין.

ה. תאר כיצד ייראה אופיין B, אם נרחיק מעט את מקור האור שלו מהתא.

4) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 4

תוצאות הניסוי של מיליקן מ-1916 מופיעות בטבלה הבאה:

$f\left(10^{14}Hz\right)$	$E_k\left(eV\right)$
11.84	2.57
9.60	1.67
8.22	1.09
7.41	0.73
6.91	0.55

א. שרטט גרף של האנרגיה הקינטית כתלות בתדירות.

ב. מצא מהגרף את:

i. קבוע פלנק.

ii. את פונקציית העבודה של המתכת.

iii. את תדירות הסף של המתכת.

ג. הסבר את תוצאות המדידה האחרונה.

5) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 5

מנורה שהספקה 60 וואט מאירה באורך גל מונוכרומטי של 620 ננומטר על תא פוטואלקטרי. ידוע שהאור עוקר אלקטרונים מהקתודה.

א. מה אנרגיית פוטון בודד של נורה זו?

ב. מה הזרם שיראה האמפרמטר שמחובר לתא, אם 1% מהפוטונים שנפלטים מהנורה מגיעים לתא, 2% מהפוטונים שמגיעים לתא עוקרים אלקטרונים ו-5% מהאלקטרונים הנעקרים מגיעים לאנודה?

ג. מהו זרם הרוויה של התא?

תשובות סופיות:

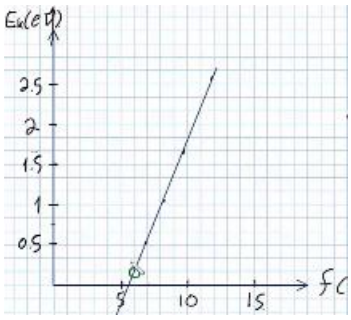
1) א. 3.31eV ב. 0.82eV ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. לא.

2) ראה סרטון.

3) א. $\lambda_1 = \text{A}$, $\lambda_2 = \text{B}$ ב. $\text{B} = 1.38\text{eV}$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19}\text{J}$ ד. 0.87V

ה. ראה סרטון.

4) א.



ב.i. $4.16 \cdot 10^{-15}\text{eVS}$ ii. 2.33eV iii. $5.6 \cdot 10^{14}\text{Hz}$

ג. ראה סרטון.

5) א. 2eV ב. $3 \cdot 10^{-4}\text{A}$ ג. $6\,\text{mA}$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 35 - יחידה 5 (ב) - יחסות פרטית

תוכן העניינים

1. דינמיקה יחסותית 302
2. טרנספרמציית לורנץ למיקום והזמן 307
3. טרנספורמציית לורנץ למהירות 312
4. תרגילים לטרנפרמציית מיקום ומהירות 313
5. תרגילים לדינמיקה יחסותית 316
6. תרגילים נוספים 318

דינמיקה יחסותית:

רקע:

תנע ואנרגיה יחסותיים:

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v}$$
$$E = \gamma m c^2$$

הגודל γ קשור עכשיו למהירות הגוף עבורו נרצה לחשב את התנע ואינו קשור למעבר בין מערכות אינרציאליות שונות.

נוסחאות נוספות:

$$E^2 = |p|^2 c^2 + m^2 c^4$$
$$|p| = \sqrt{\gamma^2 - 1} \cdot mc$$

אנרגיית מנוחה:

$$E_0 = mc^2$$

אנרגיה קינטית:

$$E_k = E - E_0 = mc^2(\gamma - 1)$$

עבור חלקיקים מסוימים מסת המנוחה היא אפס (פוטון, ניוטרינו).

$$E = |p|c = \mathrm{h}\nu$$

ν – תדירות

קבוע פלאנק:

$$\mathrm{h} = 6.626 \cdot 10^{-34} j \cdot s$$

טרנספורמציה של התנע והאנרגיה:

$$E' = \gamma_0(E - v_0 p_x)$$
$$p_x' = \gamma_0(p_x - v_0 E/c^2)$$
$$p_y' = p_y$$
$$p_z' = p_z$$

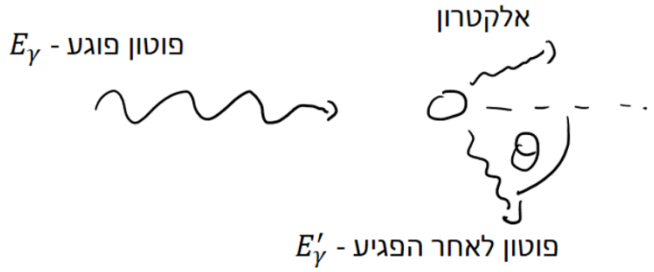
וקטור תנע אנרגיה:

$$\left(p_x, p_y, p_z, \frac{E}{c}\right)$$
$$p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 - \left(\frac{E}{c}\right)^2 = const$$

- הקבוע זהה בכל מערכות הייחוס.
- הנוסחה נכונה גם עבור מערכת עם יותר מגוף אחד כאשר התנע והאנרגיה הם התנע והאנרגיה של כל המערכת.
- עבור גוף יחיד הקבוע הוא: m^2c^2.

פיזור קומפטון:

פוטון הפוגע באטום הנמצא במנוחה, לאחר הפגיעה נפלט אלקטרון וכיוון התנועה של הפוטון משתנה.



$$\frac{1}{E_\gamma'} - \frac{1}{E_\gamma} = \frac{1}{m_e c^2}(1 - \cos\theta)$$

E_γ - אנרגיית הפוטון לפני הפגיעה

E'_γ - אנרגיית הפוטון אחרי הפגיעה

m_e - מסת אלקטרון

θ - זווית התנועה של הפוטון ביחס לכיוון הפגיעה.

יחידת האלקטרון וולט:

$$1\ \text{eV} = 1.602\,176\,462 \times 10^{-19}\ \text{J}$$

Object	Mass (kg)	Energy Equivalent	
Electron	$\approx 9.11 \times 10^{-31}$	$\approx 8.19 \times 10^{-14}$ J	(≈ 511 keV)
Proton	$\approx 1.67 \times 10^{-27}$	$\approx 1.50 \times 10^{-10}$ J	(≈ 938 MeV)
Uranium atom	$\approx 3.95 \times 10^{-25}$	$\approx 3.55 \times 10^{-8}$ J	(≈ 225 GeV)

ניתן גם לרשום את היחידות של התנע של גופים כ - $\frac{eV}{c}$.

שאלות:

1) הגעת נויטרון ממרחקים

מצא את האנרגיה הדרושה לנויטרון להגיע לכדור הארץ ממרחק של 5 שנות אור בהינתן שזמן החיים של נויטרון הוא 881 שניות והמסה שלו היא: $M_n = 940\text{Me}\frac{V}{c^2}$.

2) התנגשות בסיסית

חלקיק בעל מסה m מתנגש בחלקיק בעל מסה $3m$.

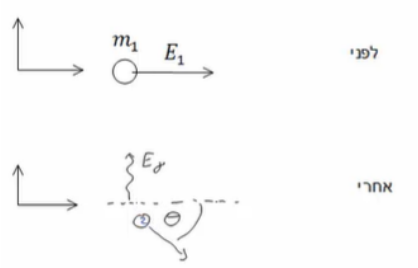
לחלקיק הראשון אנרגיה כוללת לפני ההתנגשות $5mc^2$ ונתון כי התנע הכולל שלהם במערכת המעבדה הוא אפס. כתוצאה מההתנגשות שני החלקיקים מושמדים ונוצר חלקיק חדש הנמצא במנוחה.

א. מצאו את האנרגיה הקינטית של החלקיק הראשון.

ב. מצאו את פקטור לורנץ של החלקיקים לפני ההתנגשות ואת האנרגיה הקינטית של החלקיק השני.

ג. מצאו את מסת החלקיק הנוצר לאחר ההתנגשות.

3) חלקיק מתפרק לפוטון וחלקיק נוסף



חלקיק בעל אנרגיה כוללת E_1 ומסת מנוחה m_1 נע במעבדה בכיוון החיובי של ציר ה- x.
ברגע מסוים מתפרק החלקיק לפוטון ולחלקיק נוסף.
אנרגיית הפוטון נתונה E_y וידוע כי הפוטון נע בציר ה- y, בכיוון החיובי.

א. מהו התנע של החלקיק הראשון לפני ההתפרקות?

ב. מהי הזווית של התנע של חלקיק 2 ביחס לציר ה- x?

ג. מצא מערכת ייחוס חדשה S' שבה הפוטון יפלט בכיוון נגדי לכיוון תנועתו של חלקיק מס' 2.
מה מהירותה של מערכת זו ביחס למערכת המעבדה?

4) פוטון פוגע בפרוטון ויוצר פיון

פוטון פוגע בפרוטון הנמצא במנוחה במערכת המעבדה.
נתונות מסת הפרוטון והפיון M_p, M_π.
מהי האנרגיה המינימלית הדרושה לפוטון על מנת שלאחר ההתנגשות ייווצרו פרוטון ופיון (π)?

5) דוגמה - חישוב תנע ואנרגיה קינטית של אלקטרון ופרוטון

חשבו את התנע והאנרגיה הקינטית של פרוטון ואלקטרון בעלי אנרגיה של 1GeV במערכת המעבדה.

6) דוגמה - גמה וביטה של אלקטרון

מסת האלקטרון היא: $9.10938188 \times 10^{-31}\ \text{kg}$ ומהירות האור היא: $299792458\ \text{m/sec}$.
מצאו בדיוק של 6 ספרות את γ ו-β של אלקטרון שהאנרגיה הקינטית שלו היא: $K = 100.000\text{MeV}$ במערכת המעבדה.

7) בטה של מיואונים מתפרקים

מסת מיואון היא פי 207 ממסת האלקטרון.
זמן מחצית החיים הממוצע של מיואון הוא $2.20\mu s$.
מיואונים נעים ביחס למעבדה בניסוי כלשהו.
זמן החיים הנמדד של המיואונים ביחס למערכת המעבדה הוא: $6.90\mu s$.
מהם β, התנע והאנרגיה הקינטית של המיואונים ביחידות $\frac{\text{MeV}}{\text{c}}$?

תשובות סופיות:

1) $E_n = 1.69 \cdot 10^8 MeV$

2) א. $E_{k_1 = 4mc^2}$ ב. $\gamma_1 = 5 \; , \; \gamma_2 = \sqrt{\frac{11}{3}} \; , \; E_{k_2} = 3mc\left(\sqrt{\frac{11}{3}} - 1\right)$ ג. $m_3 = 6.91m$

3) א. $\vec{p}_1 = \sqrt{\left(\frac{E_1}{c}\right)^2 - m_1^2 c^2} \cdot \hat{x}$ ב. $\tan\theta = -\frac{E_\gamma}{\sqrt{E_1^2 - m_1^2 c^4}}$

ג. $v_0 = \sqrt{1 - \left(\frac{m_1 c^2}{E_1}\right)^2} \cdot c$

4) $E_\gamma = \frac{1}{2m_p}\left(m_\pi^2 + 2m_\pi m_p\right)c^2$

5) אלקטרון: $K = 0.999GeV \; , \; P = 1\frac{GeV}{c}$

פרוטון: $K = 0.062GeV \; , \; P = 0.347\frac{GeV}{c}$

6) $\gamma = 196.695 \; , \; \beta = 0.999987$

7) $\beta = 0.898 \; , \; P = 314\frac{MeV}{c} \; , \; K = 226MeV$

טרנספרמציית לורנץ למיקום והזמן:

רקע:

תורת היחסות הפרטית עוסקת בתיאור של מאורעות מנקודת המבט של צופים הנמצאים במערכות ייחוס שונות.

מערכות הייחוס תמיד יהיו מערכות אינרציאליות (צופים שזזים במהירות קבועה ביחס למערכת הכוכבים).

הגדרת מאורע:

מאורע הוא אירוע פיזיקאלי המוגדר בזמן ובמרחב.
כל מאורע ניתן לתאר ע"י ארבע קואורדינטות (x, y, z, t).

עקרונות יסוד בתורת היחסות:

חוקי הפיזיקה זהים בכל המערכות האינרציאליות.

האור אינו צריך תווך בשביל לעבור בו.

מהירות האור קבועה וזהה בכל מערכות הייחוס.

אף גוף אינו יכול לנוע יותר מהר ממהירות האור בוואקום. כתוצאה מכך מדידת הזמן שונה בין מערכות הייחוס.
הזמן הופך לקואורדינטה רביעית (ביחד עם x, y, z) שעוברת טרנספורמציה.

טרנספורמציית לורנץ למיקום והזמן:

$$x' = \gamma_o(x - v_o t)$$

$$t' = \gamma_o\left(t - \frac{v_o x}{c^2}\right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$\beta = \frac{v_o}{c}$$

$$\gamma_o = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v_o}{c}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

טרנספורמציה הפוכה:

$$x = \gamma_o\left(x' + v_o t'\right)$$

$$t = \gamma_o\left(t' + \frac{v_o x'}{c^2}\right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

תנאים לשימוש בטרנספורמציית לורנץ:

הצירים של המערכות מקבילים.

בזמן: $t = t' = 0$ הראשיות מתלכדות.

המערכת העצמית:

מערכת עצמית היא מערכת בה המאורע הנצפה נמצא במנוחה.

זמן עצמי τ - מוגדר להיות הפרש הזמנים בין שני מאורעות כפי שהוא נמדד במערכת העצמית שלהם.

אורך עצמי - האורך של גוף כפי שנמדד במערכת בו הגוף נמצא במנוחה.

התכווצות האורך:

$$l = \frac{l_0}{\gamma_0}$$

l_0 - האורך העצמי

התארכות הזמן:

$$\Delta t = \gamma_0 \tau > \tau$$

שינוי זווית במדידת אורך:

$$tan\,\theta = \gamma_0\, tan\,\theta'$$

θ' - זווית במערכת העצמית

אפקט דופלר היחסותי:

זמן המחזור של הגל:

$$T = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}\tau$$

אורך הגל:

$$\lambda = \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}\lambda'$$

λ' - אורך הגל במערכת העצמית

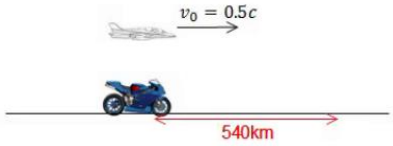
תדירות הגל:

$$f = \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} f'$$

f' - תדירות במערכת העצמית

שאלות:

1) מציאת מהירות ומיקום אופנוע

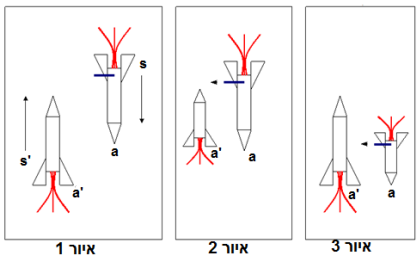


אופנוע נוסע במהירות קבועה בקו ישר.
צופה על הקרקע מודד כי האופנוע נסע מרחק של 540km.
צופה הנע במטוס ממש מהיר $v = 0.5c$, בכיוון נסיעת האופנוע, מודד כי משך זמן נסיעת האופנוע היה 0.01 שניה.

א. מצא את מהירות האופנוע במערכת כדה"א.

ב. מצא את המרחק שעבר האופנוע כפי שמדד הצופה במטוס.

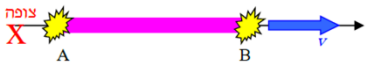
2) בדיקת ירי



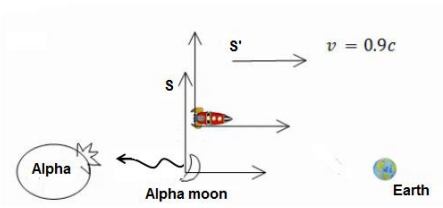
שתי חלליות בעלות אורך מנוחה זהה, עוברות זו במקביל לזו במהירות גבוהה.
בזנב החללית S מצוי תותח המכוון בניצב לכיוון תנועת החללית ולעבר מסלול התנועה של החללית 's (איור 1).
בחללית S מתבצעת בדיקת ירי בתותח ברגע שהנקודה a בראש החללית מתלכדת עם הנקודה a' (זנב 's).
מכיוון שאורך החללית 's קצר מהאורך העצמי בחללית ב-s מניחים כי הטיל יפספס את החללית השנייה (איור 2).
אולם במערכת 's אורך החללית S קצר מהאורך העצמי ולכן כאשר a ו-a' מתלכדות האסטרונאוט S יפגע (איור 3).
ישב/י את הפרדוקס.

3) מוט פולט אור לסירוגין

מוט בעל אורך l_0 נע במהירות V נתונה ביחס לכדה"א.
נתון כי ב- $t=0$ הקצה השמאלי של המוט נמצא ב- $x=x'=0$.
ברגע זה המוט פולט אור מקצהו הימני.
לאחר זמן τ המוט פולט אור מקצהו הימני.
מצא את הפרש הזמנים כפי שרואה אותם צופה מכדה"א
(הפרש הזמנים בין הגעת האור משני המאורעות לראשית).



4) פיצוץ בכוכב אלפה



החללית אנטרייז יוצאת מכוכב אלפה חזרה לכדה"א.
בדרך היא עוברת ליד הירח של כוכב אלפה ורואה
פולס אלקטרו מגנטי חזק יוצא לכיוון הכוכב.
ידוע שבירח ישנה קבוצת חייזרים תוקפניים בשם
ה"קליגונים". 1.3 שניות מאוחר יותר היא רואה
פיצוץ בכוכב. המרחק בין הכוכב לירח שלו
הוא 500 מיליון מטרים כפי שנמדד במערכת החללית.
מהירות החללית ביחס לכוכב ולירח היא $0.9c$.

א. מהו מרווח הזמן בין גילוי הגל לפיצוץ במערכת הכוכב והירח?

ב. מה משמעות הסימן בהפרש הזמן?

ג. האם הפולס גרם לפיצוץ או להיפך?

תשובות סופיות:

1) א. $v=5.65\cdot10^7\frac{m}{sec}$ ב. $x'_2=-10.32\cdot10^5 m$

2) ראה סרטון.

3) $\Delta t=\gamma_0(1+\beta)\left(\tau-\frac{l_0}{c}\right)$

4) א. $t_3=-3.525sec$ ב. הפיצוץ היה לפני הגעת הגל לכוכב וגם לפני ירי הגל.

ג. לא יכול להיות שהפיצוץ גרם לירי של הפולס, $x_2=11.47\cdot10^8\cdot m>10.575\cdot10^8 m$

טרנספורמציית לורנץ למהירות:

רקע:

$$v_x' = \frac{v_x - v_0}{1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}}$$

$$v_y' = \frac{v_y}{\gamma_0\left(1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}\right)}$$

$$v_z' = \frac{v_z}{\gamma_0\left(1 - \frac{v_0 v_x}{c^2}\right)}$$

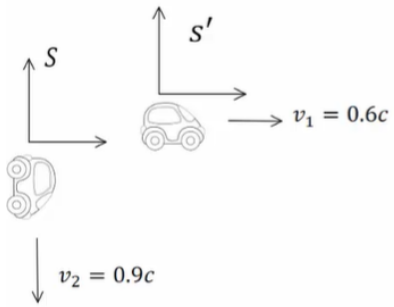
אברציה - שינוי זווית המהירות:

$$tan\,\theta' = \frac{sin\,\theta}{\gamma_0\left(cos\,\theta - \frac{v_0}{c}\right)}$$

שאלות:

1) מהירות יחסית בין מכוניות

שתי מכוניות נוסעות האחת במאונך לשנייה כך שמהירות המכונית הראשונה היא 0.6c ומהירות המכונית השנייה היא 0.9c.
מצא את המהירות היחסית.



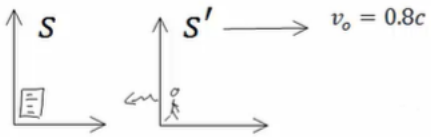
תשובות סופיות:

1) $v'_{2_x} = -0.6c$, $v'_{2_y} = -0.72c$

תרגילים לטרנספרמציית מיקום ומהירות:

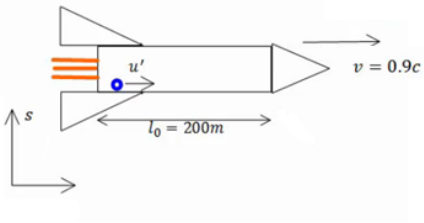
שאלות:

1) דודה יוצאת לטיול



המבחן בפיזיקה התחיל בשעה 9:00 והמשגיחה יצאה לטייל במהירות $0.8c$ (דודה זריזה במיוחד). לאחר שעה לפי שעונה היא שולחת לסטודנטים אות רדיו לסיים את הבחינה.
כמה זמן ארכה הבחינה עבור הסטודנטים?

2) כדור מתגלגל בחללית



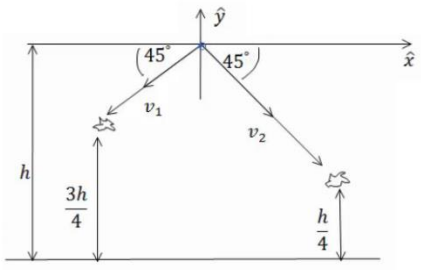
חללית בעלת אורך עצמי של 200 מטר נעה במהירות $0.9c$ ביחס למערכת אינרציאלית S.
כדור קטן מתגלגל לאורכה במהירות $u' = 0.04c$ בכיוון ציר x, כפי שנמדד ע"י צופה בחללית.

א. מהי מהירות הכדור כפי שנמדדת ע"י צופה ב-S?
(הבא את התשובה ביחידות של c).

ב. מהו הזמן שייקח לכדור לעבור מקצה לקצה של החללית כפי שנמדד ב-s?
(הבא את התשובה במיליוניות שנייה).

ג. איזה מרחק עבר הכדור לפי צופה במערכת s? (ביחידות של ק"מ).

3) חלקיקים נוצרים בגובה ומתפרקים



שני חלקיקים נוצרים בגובה h מעל הקרקע.
אחד נפלט בזווית 225 מעלות עם ציר ה-x
והשני בזווית -45 מעלות עם ציר ה-x.
החלקיק הראשון מתפרק לאחר זמן T בגובה $\frac{3h}{4}$
והחלקיק השני מתפרק לאחר זמן T_2 בגובה $\frac{h}{4}$.
התעלם מהכבידה בבעיה.

א. הבע את מהירויות החלקיקים באמצעות h ו-T.

ב. מצא את זמן החיים העצמי של כל חלקיק (זמן החיים במערכת המנוחה).

ג. מצא מערכת s' הנעה בכיוון החיובי של ציר ה-x בה ההתפרקויות מתרחשות באותו הזמן.

ד. מה המרחק בין ההתפרקויות במערכת s'?

4) מיואון מתפרק ליד אלקטרון

מיואון (μ) נוצר ברגע מסוים ונע במהירות $0.7c$ ביחס לקרקע.
המיואון מתפרק לאחר שנע 3 ק"מ ממקום היווצרו.

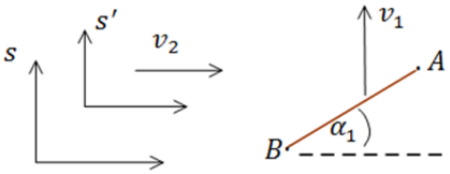
א. כמה זמן חי המיואון במערכת העצמית שלו?

אלקטרון נע במקביל למיואון ובמהירות $0.5c$ ביחס למעבדה.

ב. מהי מהירות המיואון ביחס לאלקטרון?

ג. איזה מרחק נע המיואון ביחס לאלקטרון.

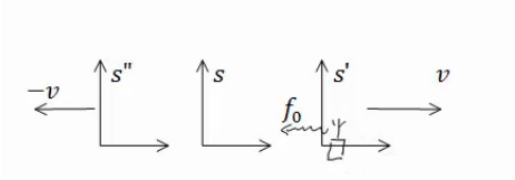
5) זווית של מוט נע



מוט בעל אורך l (לא נתון) נע במהירות v_1
בכיוון ציר ה- y ביחס לצופה הנמצא במעבדה.
הצופה במעבדה מודד זווית α_1 של המוט ביחס לציר ה- x.

איזו זווית ימדוד צופה הנע במהירות $v_2\hat{x}$ ביחס למעבדה?

6) תדר יחסי



במערכת s' הנעה במהירות v ביחס למערכת המעבדה S, נמצא משדר רדיו הפולט אותות בתדירות f_0 ?

א. מה תהיה התדירות שתיקלט במעבדה?

ב. מה תהיה התדירות שתיקלט במערכת s" הנעה במהירות $\vec{v}=-v\hat{x}$ ביחס למעבדה?

תשובות סופיות:

1) $\Delta t = 1.08\cdot 10^4 \sec$

2) א. $v_x = 0.907c$ ב. $t_1 = 39.62\mu s$ ג. $x_1 = 10.78km$

3) א. $v_1 = \frac{h}{2\sqrt{2}T}$, $v_2 = \frac{3h}{4\sqrt{2}T}$ ב. $\tau_1 = T\sqrt{1-\frac{h^2}{8T^2c^2}}$, $\tau_2 = 2T\sqrt{1-\frac{9h^2}{64T^2c^2}}$

ג. $v_0 = \frac{c^2T}{h}$ ד. $d'^2 = \frac{\frac{5h^4}{4} - 3c^2T^2h^2 + c^4T^4}{h^2 - c^2T^2}$

4) א. $\tau = 10^{-5} \sec$ ב. $V_{12} = 0.31c$ ג. $\Delta x_{12} = 0.98km$

5) $\tan\alpha' = \gamma_2\left(\tan\alpha_1 + \frac{v_1v_2}{c^2}\right)$

6) א. $f_s = \sqrt{\frac{1-\frac{v}{c}}{1+\frac{v}{c}}}\, f_0$ ב. $f'' = \sqrt{\left(\frac{1-\beta}{1+\beta}\right)^2}\, f_0$

תרגילים לדינמיקה יחסותית:

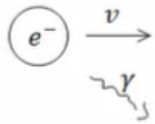
שאלות:

1) חלקיק מתפרק לשני חלקיקים

חלקיק בעל מסה m הנמצא במנוחה מתפרק לשני חלקיקים בעלי מסות מנוחה m_1 , m_2.

מה יהיו האנרגיה והתנע של החלקיקים שנוצרו? (כל המסות נתונות).

2) אלקטרון חופשי פולט פוטון



הראו כי אלקטרון חופשי הנע בואקום אינו יכול לפלוט פוטון בודד.

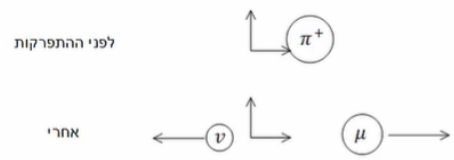
3) התנגשות חלקיקים זהים ויצירת חלקיקים

חלקיק בעל מסת מנוחה m פוגע בחלקיק זהה לו הנמצא במנוחה.

כתוצאה מההתנגשות נוצרים שני חלקיקים בעלי מסות מנוחה m_1 , m_2 -ו.

מצא את אנרגיית הסף ליצירת ריאקציה זו. (הנח ש: $(m_1+m_2)>2m$).

4) פיון מתפרק



פיון (π^+) מתפרק למיואון חיובי ($M_\mu = 160Me\frac{V}{c^2}$)

וניטרינו חסר מסה.

מצא את מסת המנוחה של הפיון אם למיואון אנרגיה קינטית של $5MeV$.

5) פוטון מתנגש אלסטית באלקטרון

אלקטרון נע במהירות v ומתנגש בפוטון בעל אנרגיה E_γ הנע לקראתו.

מצא את הערך של v אם ידוע כי הפוטון מוחזר באותה אנרגיה בה פגע.

הנח כי מסת האלקטרון ידועה.

תשובות סופיות:

1) $E_1 = m_1c^2\gamma_1 = \frac{c^2}{2m}\left(m^2 + m_1^2 - m_2^2\right)$, $p_1 = c\sqrt{\frac{1}{2m}\left(m^2 + m_1^2 - m_2^2\right)^2 - 1}$,

$E_2 = m_2c^2\gamma_2 = \frac{c^2}{2m}\left(m^2 + m_2^2 - m_1^2\right)$, $p_2 = m_2c\sqrt{\gamma_2^2 - 1} = c\sqrt{\frac{1}{2m}\left(m^2 + m_2^2 - m_1^2\right)^2 - 1}$

2) שאלת הוכחה.

3) $E_{min} = \frac{1}{2m}c^2\left(\left(m_1 + m_2\right)^2 - 2m^2\right)$

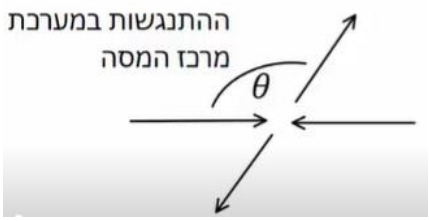
4) $M_\pi = 144\frac{MeV}{c^2}$

5) $v = c\left|1 - \left(\left(\frac{E_\gamma}{m_ec^2}\right)^2 + 1\right)^{-1}\right|^{\frac{1}{2}}$

תרגילים נוספים:

שאלות:

1) פוטון מתנגש ומעבר למרכז מסה



פוטון עם אנרגיה E_0 מתנגש אלסטית עם חלקיק בעל מסה m הנמצא במנוחה (במערכת המעבדה).

א. מצא את מהירות מערכת מרכז המסה של המערכת פוטון פלוס חלקיק.

ב. מצא את התנע והאנרגיה של החלקיק והפוטון לפני ההתנגשות במערכת מרכז המסה.
מצא את התנע והאנרגיה של הפוטון והחלקיק אחרי ההתנגשות אם ידוע שהפוטון מפוזר בזווית θ ביחס לכיוון בפגיעה במערכת מרכז המסה (ראה איור).

ג. מהם האנרגיה והערך המוחלט של התנע של הפוטון והחלקיק לאחר ההתנגשות במערכת המעבדה?

ד. מצא את הזווית θ עבורה האנרגיה של הפוטון במערכת המעבדה תהיה מינימלית.

2) שאלה 1

נתונים שני גופים הנעים בניצב זה לזה. ידוע כי מסת הגופים זהה ושווה ל- M, וכן כי התנעים של הגופים הם: p_1 , p_2.
ברגע מסוים, הגופים מתנגשים ומופיעים ארבעה גופים חדשים.
מסות הגופים החדשים שנוצרו הן: m , $2m$, $3m$, $4m$.
מהו m המקסימלי האפשרי?
נתון: $p_1 = 6Mc$, $p_2 = 17Mc$.

3) שאלה 2

נתונים שני חלקיקים בעלי מסה m, וכן נתונות האנרגיות שלהם E_1 , E_2.
החלקיקים נעים זה אל עבר זה, ומתנגשים.
חשבו את מסת החלקיק M הנוצר כתוצאה מהתנגשות החלקיקים.
נתון: $E_1 = 4mc^2$, $E_2 = 7mc^2$.

4) שאלה 3

שתי חלליות יוצאות מאותה נקודה, בכיוון ניצב אחת לשנייה.
חללית א' טסה במהירות v_1 , וחללית ב' טסה במהירות v_2 .
חשבו את וקטור המהירות של חללית ב' ביחס לחללית א'.
נתון: $v_1 = 0.8c(+\hat{x})$, $v_2 = 0.9c(-\hat{y})$

5) שאלה 4

חלקיקים 1,2 נוצרים במעבדה ונמצאים במנוחה.
ידוע לגבי זמני החיים שלהם כי: $t_2 = 0.75t_1$ (במצב מנוחה חלקיק 2 נעלם לפני חלקיק 1).
מהי המהירות אליה יש להאיץ את חלקיק 2, כדי שלא ידעך לפני חלקיק 1?

6) זריקה אופקית יחסותית

מסלולו של חלקיק במערכת S נתון ע"י: $x = vt$, $y = \frac{1}{2}at^2$ כאשר v , a קבועים ידועים.
מצא את תאוצת החלקיק במערכת 'S הנעה במהירות v בכיוון ציר ה-x ביחס ל-S .
תאר את צורת המסלול בשתי המערכות (v אינה זניחה ביחס למהירות האור).

תשובות סופיות:

1) א. $v_{c.m}=\frac{E_0\cdot c}{mc^2+E_0}$

ב. פוטון לפני ההתנגשות: $E'_{pH}=E_0\sqrt{\frac{mc^2}{2E_0+mc^2}}$, $P'_{pH}=\frac{E_0}{c}\sqrt{\frac{mc^2}{2E_0+mc^2}}$

חלקיק לפני ההתנגשות: $E'_m=mc^2\left(\frac{mc^2+E_0}{\sqrt{m^2c^4+2E_0mc^2}}\right)$, $P'_{m_x}=\frac{-mE_0c}{\sqrt{m^2c^4+2E_0mc^2}}$

פוטון אחרי ההתנגשות: אותו דבר כמו לפני ההתנגשות.

חלקיק אחרי ההתנגשות: אותו דבר כמו לפני ההתנגשות.

כיוון התנע: $\vec{P}_{pH}=\left(P\left(-\cos\theta\right),P\sin\left(\theta\right),0\right)$, $\vec{P}_m=-\vec{P}_{pH}=\left(P\cos\theta,P\sin\theta,0\right)$

ג. $E'_m=mc^2\left(\frac{mc^2+E_0}{\sqrt{m^2c^4+2E_0mc^2}}\right)$, $\left|P_m\right|=\sqrt{\left(\frac{E_m}{c}\right)^2-m^2c^2}$

ד. $\theta=\frac{\pi}{2}$

2) $m_{max}\approx 1.45M$

3) $M\approx\sqrt{112}m$

4) $\vec{v}'=\left(-0.8c,-0.54c,0\right)$

5) $v\approx 0.66c$

6) $x'=0$, $y'=\frac{1}{2}a\gamma_0^{\,2}t'^2$

יסודות הפיזיקה 20125

פרק 36 - יחידה 6 (ב) - גרעין האטום, אנרגיית הגרעין ורדיואקטיביות

תוכן העניינים

1. הגרעין- הסבר (ללא ספר) .....
2. אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים 321
3. רדיואקטיביות 323
4. תגובות גרעיניות 328

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים:

רקע:

שקילות מסה-אנרגיה:

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$\Delta E(MeV) = \Delta m(u) \cdot 931.494 \frac{MeV}{u}$$

ΔE – האנרגיה שמשתחררת בהתפרקות שבה המסה פוחתת/ האנרגיה שיש להשקיע במקרה שמסת המערכת גדלה.

c – מהירות האור.

$u = 1.66 \cdot 10^{-27} kg$ היא יחידת מסה אטומית.

שאלות:

1) **אנרגיית קשר גרעינית - תרגיל 1**
חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.

2) **אנרגיית קשר גרעינית - תרגיל 2**
מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

תשובות סופיות:

1) $\Delta E = 39.2\text{MeV}$

2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות:

רקע:

דעיכה של מקור רדיואקטיבי:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \quad \text{או} \quad N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N – מספר גרעיני האב בזמן t .

N_0 – מספר גרעיני האב בזמן $t = 0$

$\frac{dN}{dt}$ – קצב ההתפרקות של החומר הרדיואקטיבי.

λ - קבוע דעיכה

פעילות (מינוס קצב ההתפרקות) של מקור רדיואקטיבי: $\boldsymbol{R = \lambda N}$

זמן מחצית החיים: $T_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda}$

שאלות:

1) רדיואקטיביות - תרגיל 1

תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.

א. השלם את משוואת התהליך: $^{228}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow ^{?}_{?}\mathrm{Ra} + ?$.

ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לתוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא: $228.0287411u$, ומסתו האטומית של רדיום 224 היא: $224.020186u$.

ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב'?

2) רדיואקטיביות - תרגיל 2

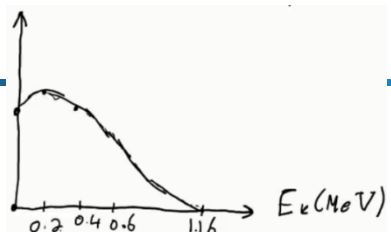
עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט ($^{210}_{83}\mathrm{Bi}$).

נמצא, שחומר זה מתפרק התפרקות בטא מינוס לחומר לא-ידוע בשם פולוניום (Po).

א. כתוב את משוואת ההתפרקות.

ב. בניסוי המשך עם חומר זה מודדים את מהירות החלקיקים הנפלטת מהגרעין, ומשרטטים גרף של מספר החלקיקים הנפלטים בעלי אנרגיה קינטית מסוימת, כתלות באנרגיה קינטית זו.

התקבל הגרף הבא:



נתון שמסתו האטומית של ביסמוט זה היא: $209.98412u$, ושמסתו האטומית של פולוניום זה היא: $209.98287u$.

i. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ii. הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גרף זה.

3) רדיואקטיביות - תרגיל 3

נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

א. כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?

ב. כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?

ג. כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?

ד. מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

4) רדיואקטיביות - תרגיל 4

נתון מדגם של נתרן 24 ($^{24}_{11}\mathrm{Na}$) שמתפרק התפרקות בטא מינוס למגנזיום (Mg). מסת המדגם – 2 גרם. המסה האטומית של נתרן 24 היא: $23.990962u$.

זמן מחצית החיים של נתרן היא 15 שעות.

א. כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.

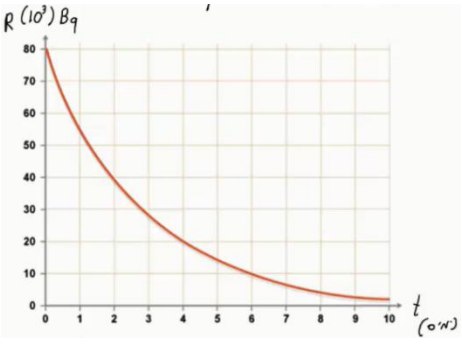
ב. מה פעילות מדגם זה ברגע $t = 0$?

ג. מה תהיה פעילותו (בבקרל) לאחר 30 שעות?

ד. כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?

5) רדיואקטיביות - תרגיל 5

חומר רדיואקטיבי מסוים מתפרק, כמופיע בתרשים הבא:



א. מהו זמן מחצית החיים של החומר?

ב. מתי תהיה פעילותו 10^4 בקרל?

ג. מה תהיה פעילותו ברגע $t = 17\mathrm{days}$?

ד. הוסף לתרשים עקומה המתארת את כמות גרעיני הבת שנוצרו בתהליך,

כתלות בזמן.

6) רדיואקטיביות - תרגיל 6

אורניום 235 ($^{235}_{92}U$) מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.

א. מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר.
אותו ($^{235}_{92}U$) ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת ($^{207}_{82}\mathrm{Pb}$).

ב. מצא כמה התפרקויות אלפא וכמה התפרקויות בטא מינוס עבר בתהליך.

7) רדיואקטיביות - תרגיל 7

פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.

א. ענה על הסעיפים הבאים:
i. מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?
ii. לפני 11,472 שנה?

ב. פעילותה של עריסת חומר (1 ק״ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל.
מתי הפסיק לתפקד חומר זה?

ג. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?

ד. מה תהיה פעילותו של 1 ק״ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני 65 מיליון שנה?

תשובות סופיות:

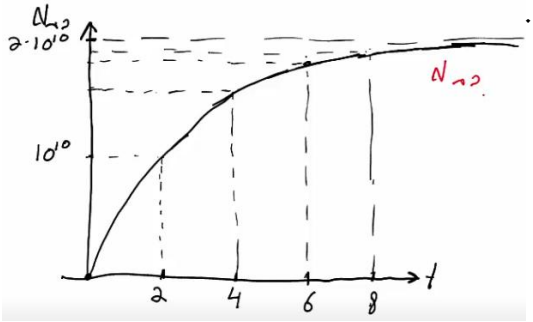
1) א. ${}^{228}_{90}\mathrm{Th} \rightarrow {}^{224}_{88}\mathrm{Ra} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ ב. EvMeV_{max} ג. EvMeV_{max}

2) א. ${}^{210}_{83}\mathrm{Bi} \rightarrow {}^{210}_{84}\mathrm{Po} + {}^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. הסברים בסרטון.

3) א. $5 \cdot 10^{9}$ ב. $8.75 \cdot 10^{9}$ ג. $8.25 \cdot 10^{8}$
ד. 2645Bq

4) א. ${}^{24}_{1}\mathrm{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\mathrm{Mg} + {}^{0}_{-1}e + \bar{V}$ ב. $6.43 \cdot 10^{17}\mathrm{Bq}$ ג. $1.61 \cdot 10^{17}\mathrm{Bq}$
ד. $4.3 \cdot 10^{22}$

5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq
ד.



6) א. ${}^{223}_{88}\mathrm{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

7) א.i. 115.5Bq א.ii. 57.75Bq ב. לפני 3,031 שנה בערך.
ג. אי אפשר לדעת. ד. $R \rightarrow 0$

תגובות גרעיניות:

שאלות:

1) תגובות גרעיניות - תרגיל 1

יורים על גרעין $^{27}_{13}\mathrm{Al}$, שמסתו האטומית : $26.981538\mathrm{u}$, גרעין הליום.

בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו : $29.9783138\mathrm{u}$, וחלקיק נוסף – נויטרון.

א. כתוב את משוואת התגובה הגרעינית, והשלם את המספרים לגרעין הלא-ידוע שסימונו P.

ב. כמה אנרגיה מינימלית יש לתת לחלקיק האלפא בתגובה, כדי שתתרחש תגובה זו?

ג. נותנים לו אנרגיה כפולה מהאנרגיה שחישבנו בסעיף ב'.
לאן תלך אנרגיה זו לאחר התגובה?

2) תגובות גרעיניות - תרגיל 2

נתונה התגובה הבאה : $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+?$.

א. השלם את התגובה.

ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטוריום $\left(^{2}_{1}\mathrm{H}\right)$ היא : $1.11226\,\mathrm{MeV}$,

ולהליום 3 $\left(^{3}_{2}\mathrm{H}\right)$ היא : $2.5727\,\mathrm{MeV}$.

מצא כמה אנרגיה מינימלית יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

תשובות סופיות:

1) א. $^{27}_{13}\mathrm{Al}+^{4}_{2}\mathrm{He}\rightarrow^{30}_{15}\mathrm{P}+^{1}_{0}\mathrm{h}$ ב. $\Delta E=2.65\,\mathrm{MeV}$

ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.

2) א. $^{2}_{1}\mathrm{H}+^{2}_{1}\mathrm{H}\rightarrow^{3}_{2}\mathrm{H}+^{1}_{0}\mathrm{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).