

תוכן העניינים

2.....	פיזיקה למכינה
2.....	הקדמה מתמטית לקורס
2.....	פונקציות טריגונומטריות
2.....	שאלות :
3.....	תשובות סופיות :
3.....	משוואת הקו הישר
3.....	תשובות סופיות :
4.....	הפרבולה
4.....	תשובות סופיות :

פיזיקה למכינה

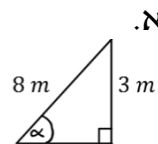
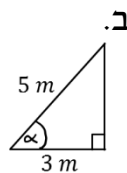
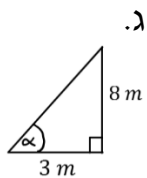
הקדמה מתמטית לקורס

פונקציות טריגונומטריות

שאלות:

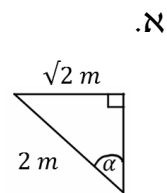
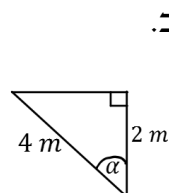
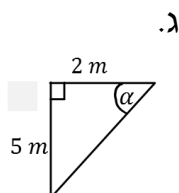
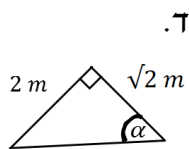
(1) חישוב אלפא

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



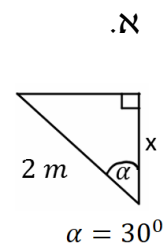
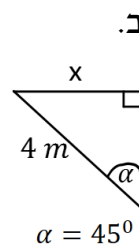
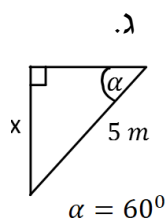
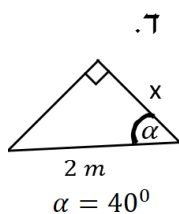
(2) משולשים שמסורטטים אחרת

חשב את הזווית אלפא במקרים הבאים:



(3) מציאת ניצבים

חשב את x במקרים הבאים:



תשובות סופיות:

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

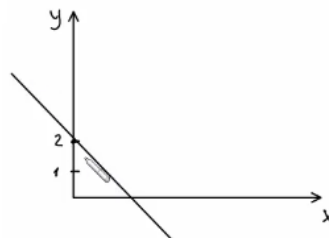
משוואת הקו הישר

שאלות:

- (1) משוואת הקו 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 הצירים.

תשובות סופיות:

- (1) א. $y = -x + 2$ ב.



הפרבולה

שאלות:

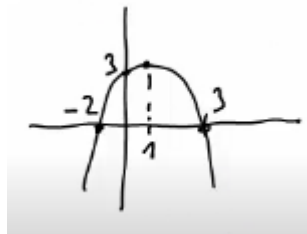
(1) נתונה הפרבולה הבאה: $y = -x^2 + 2x + 3$.

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

תשובות סופיות:

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

- ב. עצובה.



יחידות פיזיקליות

(1) תרגיל

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

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

א. $\frac{A}{B} + CA$

ב. $\frac{AC}{B} + D$

ג. $\frac{C}{D}A + B$

תשובות סופיות:

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

מעברים בין יחידות

(1) מעברים של יחידות לא בסיסיות

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

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

(2) מעברים של יחידות לא בסיסיות

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

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

א. $D = 2 \cdot A$

ב. $E = \frac{5 \cdot B \cdot C}{A}$

(3) סנטימטר בשלישית

הבע את הערכים הנ"ל ביחידות של cm^3 .

א. $5 \cdot 2\text{m}^3$

ב. 320mm^3

ג. 0.0054km^3

(4) ליטר

הבע את הגדלים הבאים ב-Liter :

א. 5m^3

ב. 5mm^3

תשובות סופיות:

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

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

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

(4) א. $5 \cdot 10^3 \text{Liter}$ ב.

צפיפות

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. ב.

הערכת סדרי גודל

1) נשימות

הערך את מספר הנשימות של אדם בחייו.

תשובות סופיות:

- 1) 10^9 נשימות.

תרגילים

(1) מסע של האור

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

א. חשב את המרחק שעובר האור בשנתיים.

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

(2) צפיפות אטום המימן

חשב פי כמה גדולה צפיפות הפרוטון מצפיפות אטום המימן – המורכב מפרוטון ואלקטרון בלבד.

מסת הפרוטון : $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, מסת האלקטרון : $9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$,

קוטר הפרוטון : $3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, קוטר אטום המימן : 10^{-10} m .

(3) שלג על הירח

הנח שעל הירח יורד שלג. השלג יורד בקצב שבו כל חצי שנייה פוגע פתית שלג בפני הירח. הערך תוך כמה זמן יכוסה הירח כולו בשכבת שלג בגובה 2 מטר (הנח שהשלג לא נמס).

רדיוס הירח : $1.74 \cdot 10^6 \text{ m}$, רדיוס פתית שלג הוא 2 cm .

(4) אטומים בגרגיר חול

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

הדרכה : השתמש בנוסחה של נפח כדור $V = \frac{4\pi R^3}{3}$, עבור נפח האטום ועבור

נפח הגרגיר. התעלם מ"רווחים" בין האטומים בתוך גרגיר החול.

(5) כדורי פינג פונג בחדר

הערך כמה כדורי פינג-פונג ניתן לדחוס בחדר ממוצע.

תשובות סופיות:

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

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

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

(4) 10^{15}

(5) 750,000 בערך.

העתק

שאלות

(1) העתק כדור

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

(2) דני ודנה

הבתים של דני ודנה נמצאים ברחוב ישר. דני בחר את ראשית הצירים בסוף הרחוב, ואת הכיוון החיובי ימינה.

הבית של דני נמצא ב- $x = -50\text{m}$, והבית של דנה ב- $x = -20\text{m}$, ביחס לראשית. מה ההעתק שביצע דני בהלוך ומה ההעתק שביצע בדרך חזרה? מה כיוון ההעתק בכל אחד מהמקרים?

(3) העתק ודרך

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

תשובות סופיות

(1) -3m

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

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

תנועה במהירות קבועה

שאלות

(1) יוסי מאחר לשיעור

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

(2) מיקומו של גוף

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

(3) תנועה ביחס ל-A

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

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

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

(4) גוף חולף דרך שתי נקודות

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

א. מהי מהירות הגוף?

ב. היכן יהיה הגוף ברגע $t = 0$?

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

ד. מתי יהיה הגוף בראשית הצירים?

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

(5) גוף נע שמאלה

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

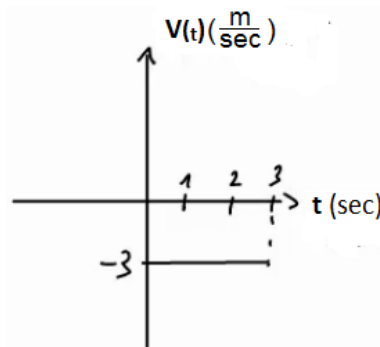
בחר את כיוון ציר ה- x ימינה והנח שהגוף נע שמאלה.

א. מהו מיקום הגוף כתלות בזמן?

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

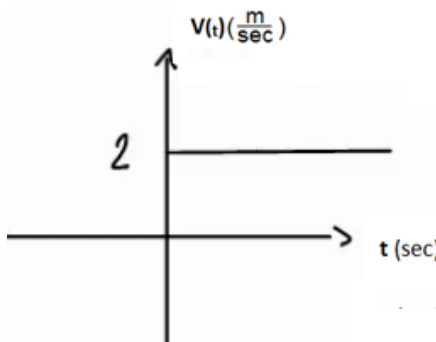
ג. מתי יהיה הגוף במרחק $x = 20\text{m}$ מהראשית ומתי יהיה במרחק של $x = -10\text{m}$?

(6) מהירות שלילית



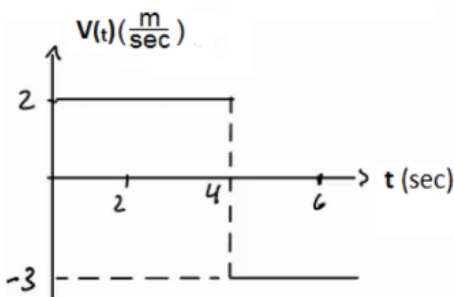
- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.
 א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t = 1\text{sec}$ ל- $t = 3\text{sec}$.
 ב. מצא נוסחה למיקום, כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t = 0$ מיקומו היה $x = 2\text{m}$.
 ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

(7) מיקום שלילי



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

(8) מהירות מתחלפת



- נתון הגרף הבא של מהירות של גוף כתלות בזמן.
 א. מצא את ההעתק של הגוף בין הזמנים $t = 1\text{sec}$ ל- $t = 6\text{sec}$.
 ב. מצא נוסחה למיקום כתלות בזמן של הגוף, אם ידוע שב- $t = 0$ מיקומו היה $x = 2\text{m}$.
 ג. שרטט גרף מקום כתלות בזמן של הגוף.

(9) שתי מכוניות זו לקראת זו

- שתי מכוניות נעות זו לקראת זו לאורך כביש דו נתיבי ישר.
 מכונית א' יוצאת מנקודה המרוחקת 140 מטר מימין לראשית, ונעה במהירות $8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, ומכונית ב' יוצאת מנקודה המרוחקת 40 מטר

משמאל לראשית ונעה במהירות $10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

- א. מתי חולפות המכוניות זו על יד זו? ומהן מיקומן ביחס לראשית ברגע זה?
 ב. מתי המרחק בין המכוניות יהיה 40 מטר?

10) מכונית נוסעת מת"א לירושלים

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

11) אופנוע ומכונית מת"א לאילת

- אופנוע יוצא לדרכו מת"א לאילת במהירות קבועה שגודלה 80 ק"מ לשעה. חצי שעה לאחר 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.
- הגדר ציר מיקום עבור תנועת האופנוע והמכונית.
 - כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת האופנוע.
 - כתוב נוסחת מיקום-זמן עבור תנועת המכונית.
 - כמה זמן לאחר צאת האופנוע לדרכו הוא יחלוף על פני המכונית? מה מיקומם של האופנוע והמכונית ברגע זה?

תשובות סופיות

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

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

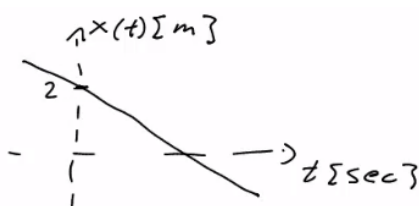
$$x(t=8)=40\text{m}, x(t=2)=10\text{m} \quad \text{ב.} \quad t=40\text{sec} \quad (3)$$

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

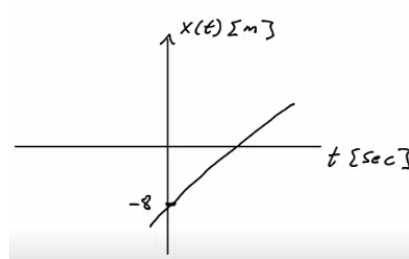
$$x(t) = 50 - 6t \quad \text{א.} \quad x(t=2) = 38\text{m} \quad \text{ב.} \quad x(t=3) = 32\text{m} \quad (5)$$

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

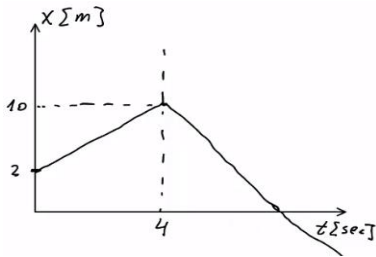
$$S = -6\text{m} \quad \text{א.} \quad x(t) = 2 - 3t \quad \text{ב.} \quad \text{ג.} \quad (6)$$



7) א. $x(t) = -8 + 2t$. ב.

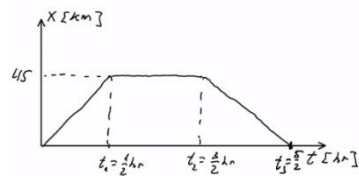


8) א. $\Delta x = 0$. ב. $x(t) = \begin{cases} 2 + 2t & 0 \leq t \leq 4 \\ 22 - 3t & t \geq 4 \end{cases}$. ג.

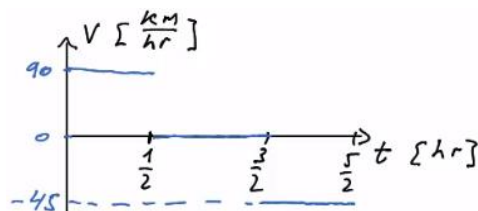


9) א. חולפות ב- $t = 10 \text{ sec}$, ומיקומן הוא $x_{a,b}(t = 10) = 60 \text{ m}$. ב. $t_1 \approx 7.78 \text{ sec}$ או $t_2 \approx 12.22$.

השיפועים מייצגים מהירות.



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



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

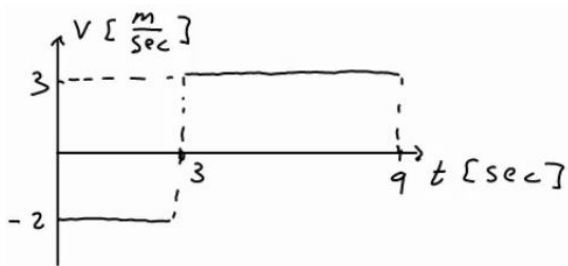
שאלות

(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 צהריים 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 (average velocity) של אורי, ומצא את ממוצע גודל המהירות (average speed) של אורי.

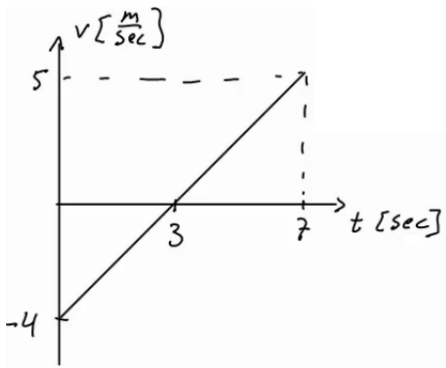
ב. שילה יצאה מת"א לבאר שבע חצי שעה לאחר אורי, ונסעה בדרך הקצרה ביותר. באיזו מהירות ממוצעת צריכה שילה לנסוע, על מנת שתגיע לבאר שבע באותו זמן שבו יגיע אורי? מה ממוצע גודל המהירות של שילה?

(4) מהירות ממוצעת בגרף ליניארי

מהירותו של גוף נתונה בגרף הבא.

א. מצא את המהירות הממוצעת (average velocity) של הגוף, ואת ממוצע גודל המהירות (average speed) עבור כל התנועה.

ב. מצא את המהירות הממוצעת של הגוף בקטע שבין $t = 3\text{sec}$ ל- $t = 7\text{sec}$.



תשובות סופיות

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

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

$$\text{א. מהירות ממוצעת: } \bar{V} = -50 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, \text{ ממוצע גודל מהירות: } |\bar{V}| = 110 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad (3)$$

$$\text{ב. מהירות ממוצעת: } \bar{V} = -66.67 \frac{\text{km}}{\text{hr}}, \text{ ממוצע גודל מהירות: } |\bar{V}| = 66.67 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

$$\text{א. מהירות ממוצעת: } \bar{V} = \frac{4}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \text{ ממוצע גודל מהירות: } |\bar{V}| = \frac{16}{7} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (4)$$

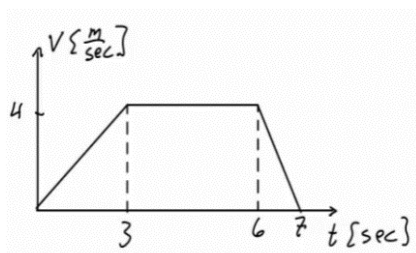
$$\text{ב. מהירות ממוצעת: } \bar{V} = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

תאוצה

שאלות

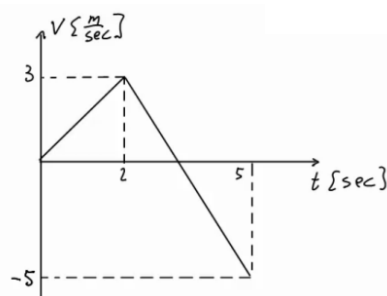
- (1) מטוס מאיץ בתאוצה קבועה**
מטוס מתחיל להאיץ ממנוחה בתאוצה קבועה.
לאחר 10 שניות הגיע המטוס למהירות 150 מטר לשנייה.
מהי תאוצת המטוס?
- (2) משאית מאיצה**
משאית נוסעת במהירות של 70 קמ"ש ומאיצה תוך 10 שניות למהירות של 90 קמ"ש.
מהי תאוצת המשאית?
- (3) אופנוע מאיץ ממנוחה**
אופנוע מתחיל את נסיעתו ממנוחה, 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) דוגמאות לתאוצה**
לפניך מספר מקרים שהם רכב משנה את מהירותו. מצא בכל מקרה את תאוצת הרכב וציין האם הרכב האיץ או שהרכב נמצא בתאוצה:
א. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה, למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 5 שניות.
ב. רכב משנה את מהירותו ממהירות של 20 מטר לשנייה למהירות של 10 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.
ג. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 2 שניות.
ד. רכב משנה את מהירותו מ-5 מטר לשנייה ל-15 מטר לשנייה תוך 5 שניות.
ה. רכב משנה את מהירותו מ-10 מטר לשנייה ל-5 מטר לשנייה, תוך 4 שניות.

(6) גרף מהירות



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

(7) גרף עם מהירות שלילית



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

(8) דנה רצה בתאוצה קבועה

דנה מתחילה לרוץ ממנוחה בתאוצה קבועה השווה ל-2 מטר לשנייה בריבוע.

- מצא את המהירות של דנה לאחר 1, 2 ו-3 שניות.
- מצא את המיקום של דנה לאחר 1, 2, 3 ו-4 שניות.
- שרטט על גבי ציר את המיקום של דנה בכל אחד מהרגעים.

(9) אופנוע משיג מכונית

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

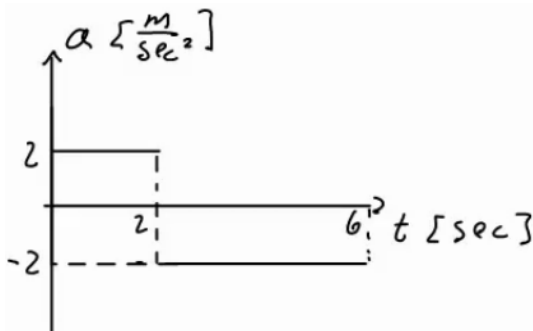
(10) דני ודנה רצים זה לקראת זה

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

- מתי והיכן יפגשו דני ודנה?
- 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:



- מצא נוסחת מהירות-זמן עבור הגוף.
- מצא נוסחת מיקום-זמן עבור הגוף.
- 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.

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

תשובות סופיות

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

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

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

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

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

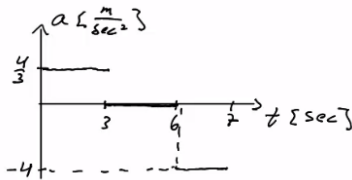
$$5 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad \text{ג.} \quad -2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ תאוצה.} \quad \text{ד.} \quad (6)$$

$$-3.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}; \text{ המהירות חיובית – בתאוצה } (V \geq 0), \quad \text{ה.} \quad (7)$$

המהירות שלילית – בתאוצה $(V < 0)$.

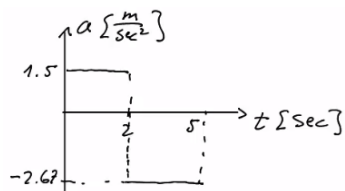
$$\text{חלק 1 – כאשר } 0 \leq t \leq 3 \text{ או } a_1 = \frac{4}{3} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ – מאיץ. שרטוט:} \quad (6)$$

$$\text{חלק 2 – כאשר } 3 \leq t \leq 6 \text{ או } a_2 = 0 \text{ – לא מאיץ ולא מאט;} \quad \text{המהירות קבועה.}$$



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

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



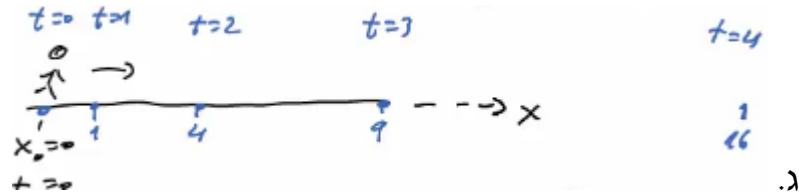
$$\text{חלק 2 – כאשר } 2 \leq t \leq 5 \text{ או } a_2 = \frac{-8}{3} \approx -2.67 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \text{ – מאט.}$$

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

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



9. $t_1 = 18.79$

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

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

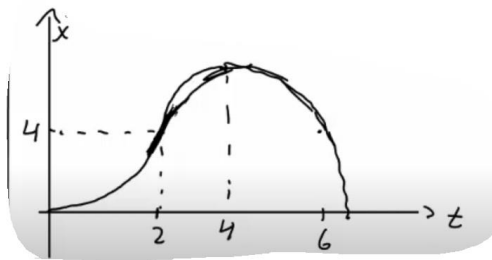
11. א. כאשר $0 < t < 2$, הנוסחה היא: $V(t) = 2t$;

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

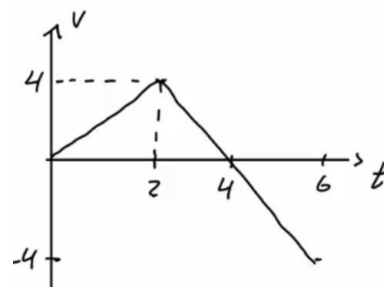
ב. כאשר $0 < t < 2$, $X(t) = t^2$;

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

שרטוט עבור מקום:



ג. שרטוט עבור מהירות:



12. $\Delta x = 173.61 \text{m}$

13. $\Delta x = 61.73 \text{m}$

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

תנועה בתאוצה קבועה

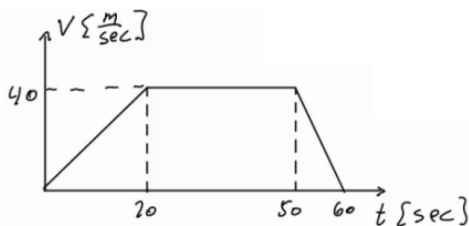
שאלות

(1) מאפס לארבעים ב-10 שניות

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

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

(2) גרף מהירות של אופנוע בזמן



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

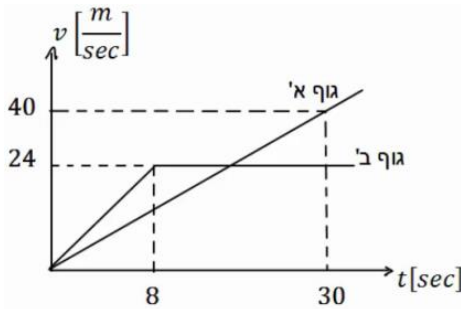
- תאר את סוג התנועה של האופנוע בכל אחד מקטעי התנועה.
- מצא את תאוצת האופנוע כתלות בזמן.
- מהי המהירות האופנוע ברגעים $t = 15, 40, 55$?
- מצא את מיקום האופנוע באותם רגעים של סעיף ג'.

(3) דני שכח את הטלפון

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

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

(4) גרף מהירויות של שני גופים

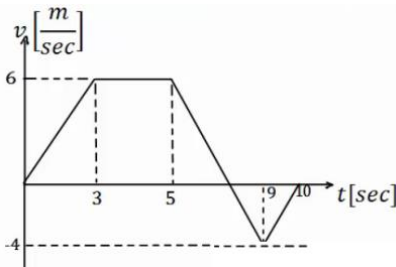


בגרף הבא מתוארות המהירויות של שני גופים, כתלות בזמן. הנח ששני הגופים נעים לאורך קו ישר ויוצאים מהראשית.

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

(5) תרגיל עם הכל

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



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

(6) שני נתונים בזמנים שונים

גוף נע בקו ישר בתאוצה קבועה.

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

- מצא את תאוצת הגוף.
- מצא נוסחת מיקום זמן של הגוף.
- מהו מיקום הגוף ב- $t = 0$, ומתי יהיה בראשית?
- מצא נוסחת מהירות זמן עבור הגוף.
- מהי המהירות בה הגוף התחיל את התנועה (מהירות ב- $t = 0$)?

(7) שוטר רודף אחרי מכונית

שוטר נמצא בניידת משטרה.

מכונית חולפת ליד הניידת במהירות של 150 קמ"ש.

זמן התגובה של השוטר בניידת הוא 3 שניות ולאחר מכן הוא מתחיל לנסוע

ממנוחה בתאוצה של $2 \frac{m}{s^2}$.

המהירות המקסימלית של הניידת היא 180 קמ"ש.

א. באיזה מרחק מתחילת התנועה יתפוס השוטר את המכונית?

ב. שרטטו על אותה מערכת צירים את הגרפים של המהירות כתלות בזמן

של המכונית והניידת, מהרגע בו חולפת המכונית ליד הניידת.

(8) 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.

(9) 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 .

(10) כמה זמן הרכבת נסעה במהירות קבועה

רכבת יוצאת מיישוב א אל יישוב ב. בשליש הראשון של הדרך הרכבת מאיצה בתאוצה קבועה. בשליש השני של הדרך הרכבת נוסעת במהירות קבועה.

בשליש האחרון של הדרך הרכבת מאטה בקצב קבוע, עד לעצירתה ביישוב ב. זמן הנסיעה הכולל הוא T . כמה זמן נסעה הרכבת במהירות קבועה?

(11) 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)

תשובות סופיות

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

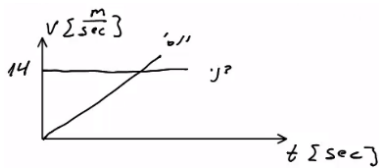
ה. $t = 4sec$ ו. $V_F \approx 21.91 \frac{m}{sec}$

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

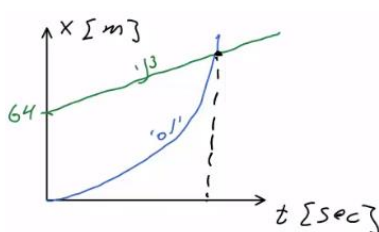
$$a = \begin{cases} 2 \frac{m}{sec^2} & 0 < t < 20 \\ 0 & 20 < t < 50 \\ -4 \frac{m}{sec^2} & 50 < t < 60 \end{cases} \text{ ב.}$$

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

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



- (3) א. דני – $V(t) = 14 \frac{m}{sec}$, יוסי – $V(t) = 8t$; גרף:
ב. $t = 1.75sec$; לא.



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

ד. ב- $t = 6.12$, המרחק: $149.82m$.

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

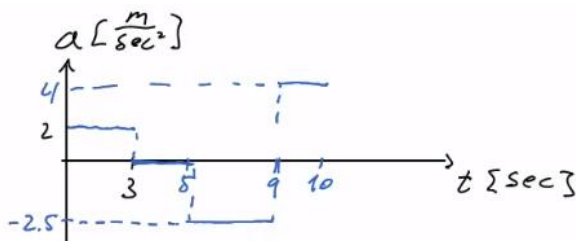
ב. גוף א': $\frac{2}{3}t^2$, גוף ב': כאשר $0 \leq t \leq 8$, כמו גוף א'.

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

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

ד. $t = 18sec$ ה. כש- $t = 31.42sec$

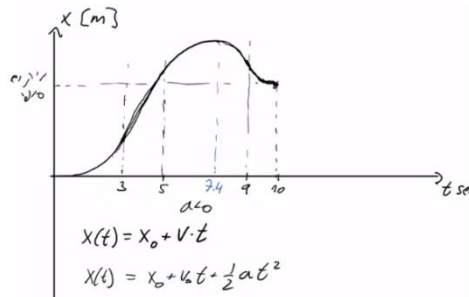
- 5) א. כאשר $0 \leq t \leq 3$ (חלק I), תאוצה קבועה, האצה והתקדמות בכיוון החיובי.
 כאשר $3 \leq t \leq 5$ (חלק II), תנועה במהירות קבועה, התקדמות בכיוון החיובי.
 כאשר $5 \leq t \leq 9$ (חלק III), תאוצה קבועה שלילית.
 תאוצה עד אשר המהירות מתאפסת, ואז מתחילה האצה בכיוון הנגדי.
 התקדמות בכיוון החיובי עד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



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

ג. בזמן: 7.4sec ; המרחק: 28.2m.

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

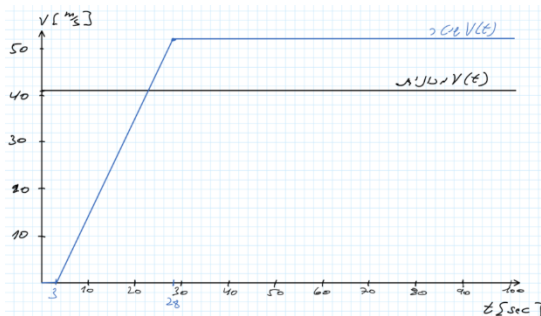


ח. $t = 3.5sec$ ט.

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

ג. $x(t=1.65) = 0$; $x(t=0) = -19$

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



ז. $3877m$ א. 7)

$$(8) \quad \text{א. המורה צודק, } \frac{(v_1 + v_2)^2}{2g}$$

$$\text{ב. גובה מקסי' ילד: } \frac{v_1^2}{2g}, \text{ גובה מקסי' כדור: } \frac{(v_1 + v_2)^2}{2g} - v_2 t_0$$

$$(9) \quad h = \frac{gT_2^2}{2\left(1 + \frac{T_2}{T_1}\right)}$$

$$(10) \quad \frac{T}{5}$$

$$(11) \quad \text{תשובה: בערך 58 שניות.}$$

מהירות רגעית ותאוצה רגעית

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: $x(t) = A \cos(\omega t)$

(כאשר 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 $0 \leq t \leq 2\pi$ 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. $V(t) = 2t + 6t^2$

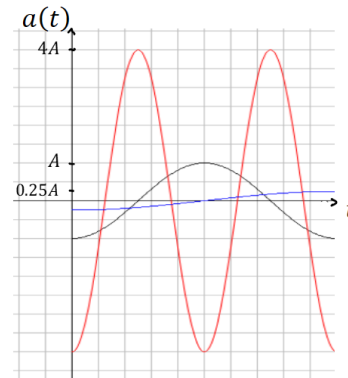
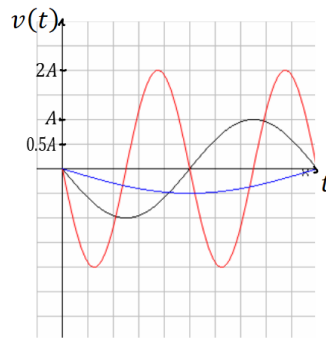
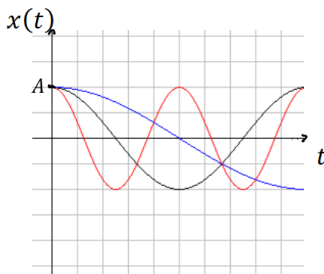
ב. עשר השניות הראשונות: $\bar{V} = 210 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, הבאות: $\bar{V} = 1430 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. התאוצה הרגעית: $a(t) = 2 + 12t$, תאוצת הגוף ב- $t = 7 \text{sec}$: $a(t=7) = 86 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ד. עשר השניות הראשונות: $\bar{a} = 62 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$, הבאות: $\bar{a} = 182 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

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

ב.



ג. מקסימלית ב- $t = \frac{\pi}{\omega}$, ומתאפסת ב- $t = 0$ וב- $t = \frac{\pi}{2\omega}$. ד. הוכחה. ה. $\frac{1}{\text{sec}}$

מהירות רגעית ותאוצה רגעית – אינטגרלים

שאלות

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

הגדרות, סימונים והצגות

שאלות

(1) הצגה פולרית

צייר את הוקטורים הבאים על גבי מערכת צירים:

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

(2) הצגה קרטזית

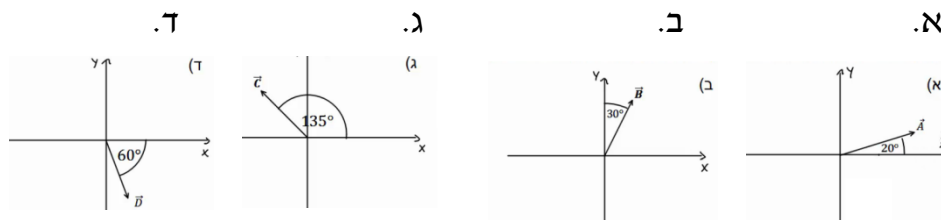
צייר על מערכת צירים את הוקטורים הבאים, רשום את רכיבי הוקטורים

וציין באיזה רביע נמצא כל וקטור: $\vec{A} = (1, 2)$, $\vec{B} = (-2, 3)$, $\vec{C} = (-3, -2)$, $\vec{D} = (2, -1)$.

(3) מעבר מפולרי לקרטזי

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 2.

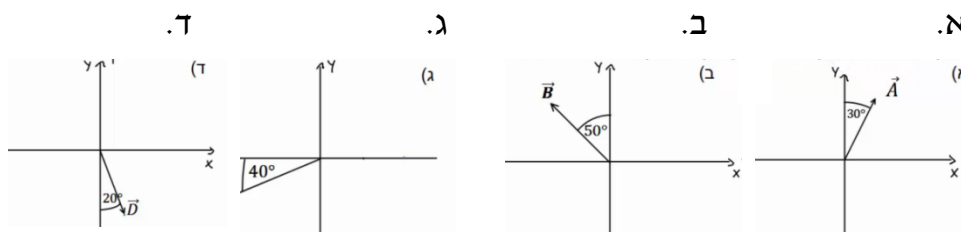
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):



(4) דרך שנייה לפירוק לרכיבים

הגודל של כל אחד מהוקטורים הבאים הוא 3.

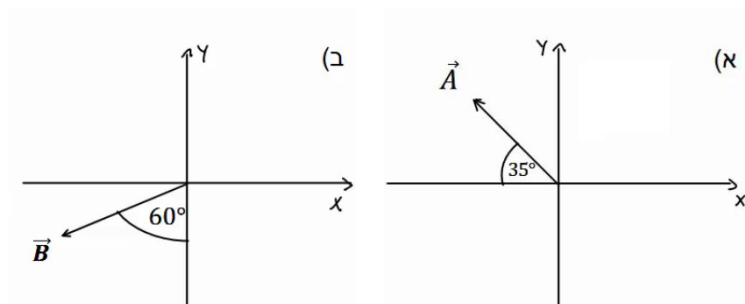
רשום כל אחד מהוקטורים בהצגה הקרטזית שלו (פרק את הוקטורים הבאים לרכיבים):



(5) פירוק לרכיבים

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

א. ב.



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

(6) מעבר מקרטזי לפולרי

מצא את הגודל והכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A} = (2, -1)$

ב. $\vec{B} = (-0.5, -2)$

(7) מקרטזי לפולרי

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

א. $\vec{A} = (2, 3)$

ב. $\vec{B} = (-1, 2)$

ג. $\vec{C} = (0, -3)$

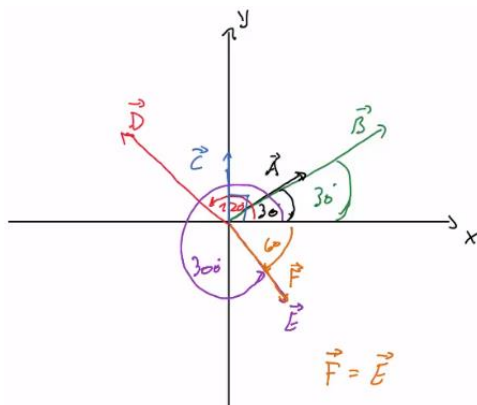
ד. $\vec{D} = (2, -2)$

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

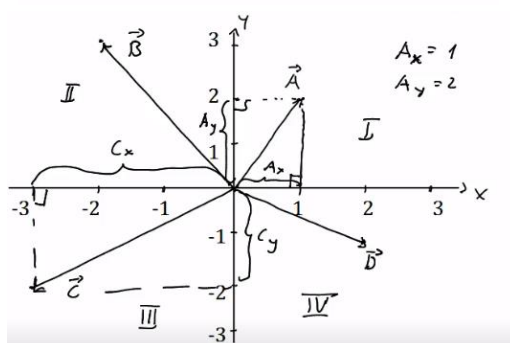
ו. $E_x = -1, |\vec{E}| = 3$ הוקטור ברביע השלישי.

תשובות סופיות

(1) ראו שרטוט:



(2) ראו שרטוט:



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

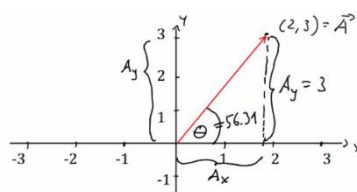
$$\vec{A} = \left(\frac{3}{2}, 2.60\right) \text{ א.} \quad \vec{B} = (-2.30, 1.93) \text{ ב.} \quad \vec{C} = (-2.30, -1.93) \text{ ג.} \quad (4)$$

$$\vec{D} = (-2.30, -1.93) \text{ ד.} \quad (5)$$

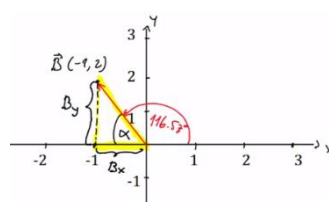
$$\vec{A} = (-3.28, 2.29) \text{ א.} \quad \vec{B} = (-4.33, -2.5) \text{ ב.} \quad (5)$$

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

$$\theta_A = 56.31^\circ; |\vec{A}| = \sqrt{13} \quad (7)$$

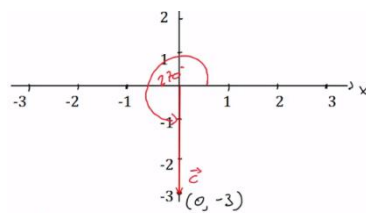


$$\theta_B = 116.57^\circ; |\vec{B}| = \sqrt{5}$$



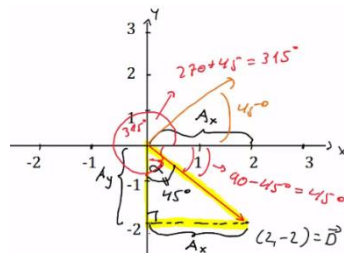
ב. שרטוט:

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



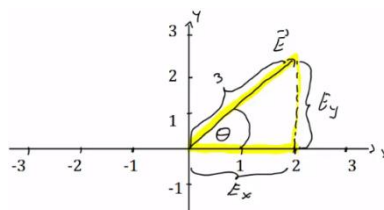
ג. שרטוט:

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



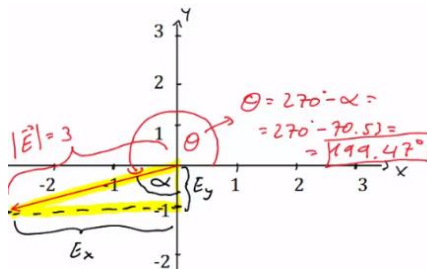
ד. שרטוט:

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



ה. שרטוט:

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



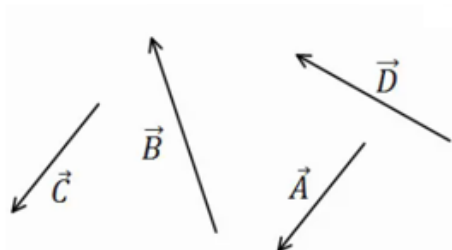
ו. שרטוט:

פעולות בין וקטורים

שאלות

(1) חיבור וקטורים לפי סימונים

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



(2) נתונים הוקטורים הבאים :

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

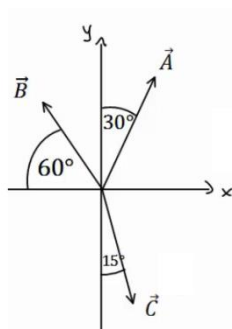
$$|\vec{B}| = 2, \theta_B = -30^\circ$$

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

א. שרטט את הוקטורים על גבי מערכת צירים.

ב. מצא את גודלן וכיוונן של הוקטור $\vec{D} = \vec{A} + \vec{B} + \vec{C}$.

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

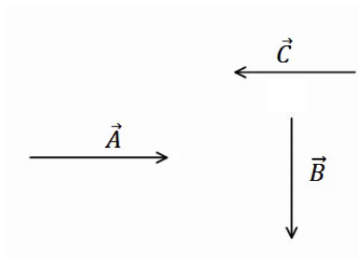


(3) הגודל של הוקטורים באיור הבא הוא :

$$|\vec{A}| = 5, \quad |\vec{B}| = 4, \quad |\vec{C}| = 5$$

מצא את הוקטור השקול (סכום הוקטורים) :

$$\vec{D} = \vec{C} + \vec{A} + \vec{B}$$



(4) חיבור לפי סימונים

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

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

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

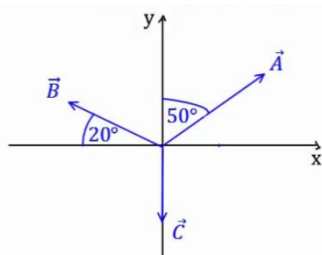
מצא את:

א. $\vec{D} = -2\vec{B}$

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

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

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



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

שרטט את \vec{D} על מערכת צירים.

ב. מצא את גודלו וכיוונו של

$\vec{E} = 2\vec{A} - 3\vec{B} - 4\vec{C}$.

שרטט את \vec{E} על מערכת הצירים.

(7) גודלו של הוקטור \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.

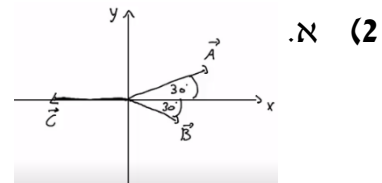
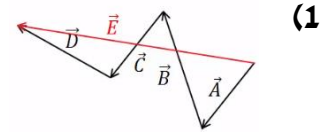
ג. מצא את הרכיבים של \vec{A} .

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

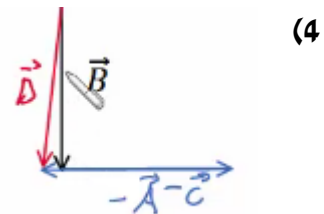
ה. מצא את גודלו וכיוונו של \vec{B} מהרכיבים שמצאת בסעיף ד'.

הראה כי התוצאה זהה לסעיף ב'.

תשובות סופיות

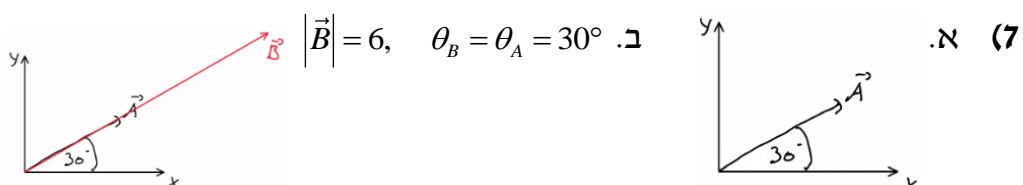
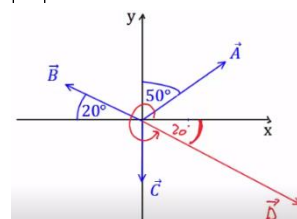
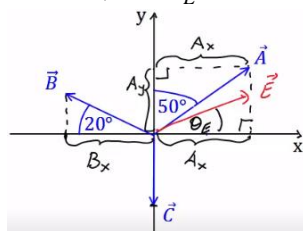


(3) $|\vec{D}| = 3.46, \quad \theta_D = 58.84^\circ$



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

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



ג. $\vec{A} = (\sqrt{3}, 1)$ ד. $\vec{B} = (3\sqrt{3}, 3)$ ה. בולדאו.

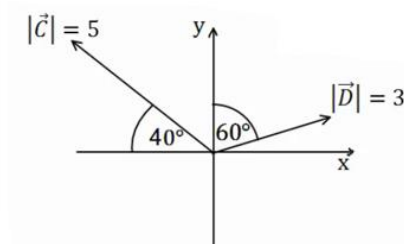
מכפלה סקלרית

שאלות

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

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

ב.



9 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 שהזוויות בין הוקטורים היא אכן 90° .

10 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'.

11 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).

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

א. $\vec{A} \cdot \vec{C}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

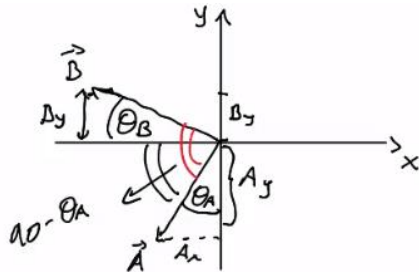
14 נתונים הוקטורים הבאים : $\vec{A} = (-2,2)$, $\vec{B} = (1,-3)$, $\vec{C} = (1,5)$
מצא את הזווית בין \vec{A} ל- \vec{B} ובין \vec{B} ל- \vec{C} .

תשובות סופיות

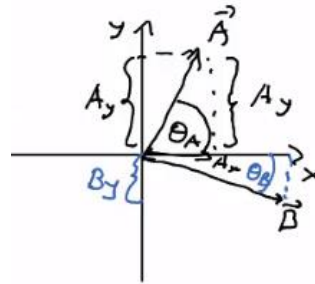
(1) א. $\vec{A} \cdot \vec{B} = 2$ ב. $\vec{C} \cdot \vec{D} = -5.13$

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

לסעיף ג':



ד. לסעיף ב':



הזוויות: $\theta_A = 75.96^\circ$, $\theta_B = 14.04^\circ$ הזוויות: $\theta_A = 26.57^\circ$, $\theta_B = 26.57^\circ$

(3) א. $\vec{A} \cdot \vec{B} = -10$ ב. $\theta_A \approx 18.43^\circ$, $|\vec{A}| = \sqrt{10}$, $\theta_B = -63.43^\circ$, $|\vec{B}| = \sqrt{20}$ ג. בוידאו.

(4) הוכחה בוידאו.

(5) א. $\vec{A} \cdot \vec{C} = -1$ ב. $(\vec{A} + \vec{B}) \cdot \vec{C} = -10$ ג. $\vec{A} \cdot \vec{C} + \vec{B} \cdot \vec{C} = -10$ ד. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{C} = (-4, 12)$

ה. $\vec{A} \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C}) = (-18, -9)$ ו. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot \vec{B} = (12, -8)$ ז. $(\vec{A} \cdot \vec{B}) \cdot (\vec{B} \cdot \vec{C}) = 36$

(6) א. $\frac{(\vec{A} \cdot \vec{B}) \vec{B}}{|\vec{B}|^2} = \left(\frac{-8}{10}, \frac{24}{10} \right)$ ב. $\frac{(\vec{B} \cdot \vec{C}) \vec{C}}{|\vec{C}|^2} = (-0.54, -2.69)$

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

וקטור יחידה

שאלות

8) וקטור יחידה

מצא וקטורי יחידה בכיוון של הוקטורים הבאים:

א. $\vec{A} = (-2, -3)$

ב. $\vec{B} = (3, 4)$

תשובות סופיות

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

מכפלה וקטורית בדו-מימד

שאלות

10) מכפלה וקטורית

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

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 $|\vec{A} \times \vec{B}|$ שוב, הפעם באמצעות הנוסחה של מכפלת הגדלים בסינוס הזווית.

בדוק כי התוצאה זהה לסעיף א'.

תשובות סופיות

11) א. $\vec{A} \times \vec{B} = 10\hat{z}$ וכן $|\vec{A} \times \vec{B}| = 10$.

ב. $|\vec{B}| = \sqrt{13}$, $\theta_B = -56.31^\circ$, $|\vec{A}| = \sqrt{17}$, $\theta_A = 165.96^\circ$, ג. בוידאו.

מכפלה וקטורית בשלושה מימדים

שאלות

12) מכפלה וקטורית

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

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

13) א. -5 ב. $-5\hat{z}$ ג. $2\hat{x}+5\hat{y}-4\hat{z}$

חיבור וחיסור וקטורים בשיטת המקבילית

שאלות

(14) תרגיל בחיבור באמצעות מקבילית

נתונים הווקטורים \vec{A} ו- \vec{B} .

גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא $\theta_A = 130^\circ$.

גודלו של הווקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא $\theta_B = 60^\circ$.

שרטט את הווקטורים על מערכת צירים ומצא את $\vec{A} + \vec{B}$, באמצעות שיטת המקבילית.

(15) תרגיל בחיסור וקטורים בשיטת המקבילית

נתונים הווקטורים \vec{A} ו- \vec{B} .

גודלו של A הוא 8 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא $\theta_A = 130^\circ$.

גודלו של הווקטור B הוא 4 והזווית שלו עם ציר ה- x החיובי היא $\theta_B = 60^\circ$.

שרטט את הווקטורים על מערכת צירים ומצא את $\vec{A} - \vec{B}$, באמצעות שיטת המקבילית.

(16) מציאת אורך השקול של שני וקטורים

אורכם של שני וקטורים הוא 5 ו-10 ס"מ.

הזווית ביניהם היא 30° מעלות.

מהו אורכו של הווקטור השקול שלהם (סכום הווקטורים)?

(17) 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

(14) גודל של החיבור הוא 10.1 והזווית של וקטור החיבור עם ציר ה- x היא 108.1° .

(15) גודל התוצאה היא 7.62 והזווית של וקטור החיסור היא 159.5° עם ציר ה- x .

(16) 14.6 ס"מ.

(17) 60 מעלות.

נפילה חופשית

שאלות:

(1) כדור ברזל קטן

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

(2) תפוח עץ

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

(3) חסידה מביאה חבילה

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

תשובות סופיות:

(1) 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 הציור החיובי כלפי מעלה ואת ראשית הציורים 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 הציורים בקרקע.

(3) רועי קופץ לבריכה

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

תשובות סופיות:

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

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

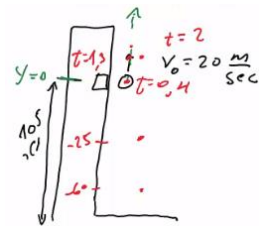
ב.

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

ג. א. $t = 2$ ב. $V_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג. $y = 0$ ד. 7 sec ה. (א) מקום-זמן: $y(t) = 105 + 20t - 5t^2$

מהירות-זמן: $V(t) = 20 - 10t$

(ד) 7 sec



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

תרגילים

שאלות:

(4) 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)
- ד.

(5) 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?

(6) 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.

(7) גוף נזרק אנכית מגג בניין

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

(8) כדור מלמעלה וכדור מלמטה מתעכב

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

(9) כדור פורח

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

(10) 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?

תשובות סופיות:

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

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

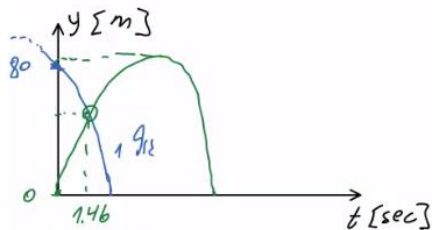
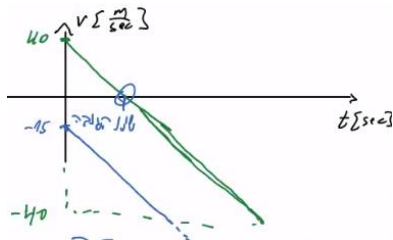
(3) א. גוף 1 – כדור: $y_1(t) = 80 + (-15)t - 5t^2$, גוף 2 – ריבוע: $y_2(t) = 40t - 5t^2$.

ב. יגיע בדיוק לגובהו. ג. 47.74 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: $-40 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

מהירות-זמן

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



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

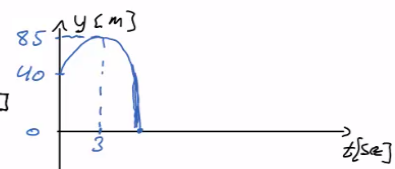
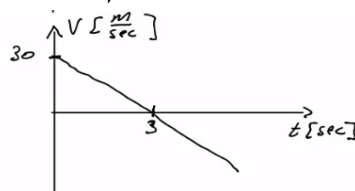
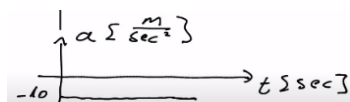
ב.

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

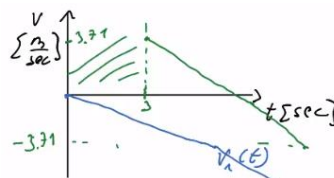
תאוצה-זמן:

מהירות-זמן:

ג. מקום-זמן:



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



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

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

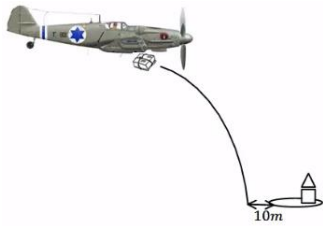
תנועה במישור

שאלות

- (1) גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה- x כתלות בזמן הוא $x(t) = 2t$, ומיקומו בציר ה- y כתלות בזמן הוא $y(t) = 3t^2$.
- א. שרטט על גבי מערכת צירים דו מימדית את מיקום הגוף ב- $t = 0, 1, 2, 3 \text{ sec}$.
- ב. רשום את הערך של וקטור מיקום הגוף בכל אחד מן הרגעים, ושרטט את וקטור המיקום בכל רגע על מערכת הצירים.
- ג. רשום נוסחה לוקטור המיקום כתלות בזמן.
- (2) גוף נע במישור, כך שמיקומו בציר ה- x כתלות בזמן הוא $x(t) = 4 + 3t$, ומיקומו בציר ה- y כתלות בזמן הוא $y(t) = 2t^2$.
- א. רשום את וקטור המיקום כתלות בזמן ומצא את מיקום הגוף ב- $t = 1, 2 \text{ sec}$.
- ב. רשום את ההעתק של הגוף בחמש השניות הראשונות של התנועה.
- ג. מצא את ההעתק שביצע הגוף מ- $t = 2 \text{ sec}$ עד $t = 4 \text{ sec}$.
- (3) גוף נע במישור, כך שמיקומו כתלות הזמן בציר ה- x הוא $x(t) = 2t - 3$, ומיקומו בציר ה- y כתלות בזמן הוא $y(t) = t^2$.
- א. מצא את וקטור המיקום של הגוף כתלות בזמן.
- ב. מצא את ההעתק שביצע הגוף בין $t = 3 \text{ sec}$ ל- $t = 5 \text{ sec}$.
- ג. מצא את המהירות הממוצעת במרווח הזמן של סעיף ב'.
- (4) גוף נזרק אופקית מגובה רב
- גוף נזרק אופקית במהירות של 10 מטר לשניה מגובה רב.
- מה יהיו מיקומו, ביחס לנקודת הזריקה, ומהירותו, לאחר 4 שניות?
- (5) גוף נזרק אופקית מגג בניין
- גוף נזרק אופקית מגג בניין שגובהו 40 מטר.
- א. מתי יפגע הגוף בקרקע?
- ב. היכן יפגע הגוף בקרקע אם מהירות הזריקה היא 15 מטר לשניה?
- ג. מהו גודל מהירות הגוף בזמן הפגיעה בקרקע ומהי כיוונה?

(6) חבילת סיוע לכפר

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



- מצא את המרחק האופקי מהכפר, שבו צריך המטוס לשחרר את החבילה, על מנת שתנחת בדיוק 10 מטר לפני הכפר.
- מהי הזווית בה רואה המטוס את הכפר באותו רגע?

(7) משוואת מסלול

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

הבא: $x(t) = \sqrt{3+t^2}$, $y(t) = \sqrt{7-t^2}$.
הנח ש- x ו- y תמיד חיוביים.

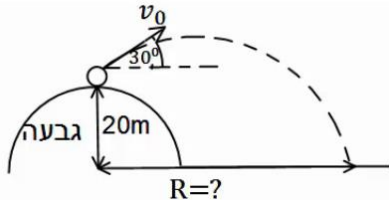
(8) זריקה משופעת

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

- מצא את מיקום ומהירות הגוף ב- $t = 2\text{sec}$.
- מתי פוגע הגוף בקרקע?
- מהו המרחק האופקי בו פוגע הגוף בקרקע?
- מהי מהירות הגוף ברגע הפגיעה?

(9) כדור נבעט מגבעה

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



- מתי יפגע הכדור בקרקע?
- מהו המרחק האופקי של הכדור, מנקודת הבעיטה, ברגע הפגיעה בקרקע?
- מהי מהירות הכדור ברגע הפגיעה?

(10) דן יורה חץ על עץ

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

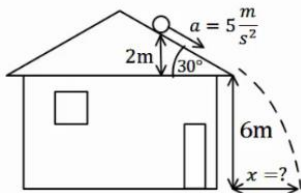


11) דני מחליק במגלשה

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

12) כדור מתגלגל מגג משופע

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



13) תנועת כדור עם רוח נגדית

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

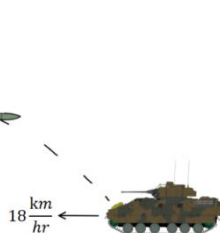
- מצא את מיקום הכדור ומהירותו ב- $t = 2\text{sec}$.
- מהו המרחק בו פוגע הכדור בקרקע?
- מהו הגובה המקסימלי אליו הגיע הכדור?
- מהו המרחק האופקי המקסימלי אליו הגיע הכדור?

14) מסירת פוטבול

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

15) מטוס מטיל פצצה על טנק שני

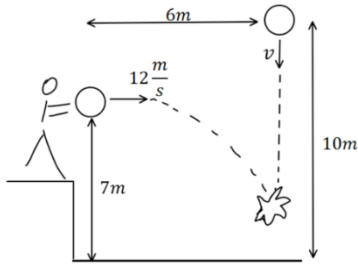
מטוס טס בכיוון אופקי במהירות של 360 קמ"ש. טנק אויב הנמצא במרחק אופקי של 3 ק"מ ממנו נע במהירות 18 קמ"ש כלפי המטוס. כעבור 10 שניות הטייס מבחין בטנק ומשחרר פצצה.



- חשבו את הזמן מהרגע שבו שוחררה הפצצה ועד לרגע פגיעתה בטנק.
- מהו גובה המטוס מעל פני הקרקע?
- מהי מהירות הפצצה (גודל וכיוון) ברגע פגיעתה בטנק?

16) כדור נזרק אופקית פוגע בכדור שנזרק אנכית

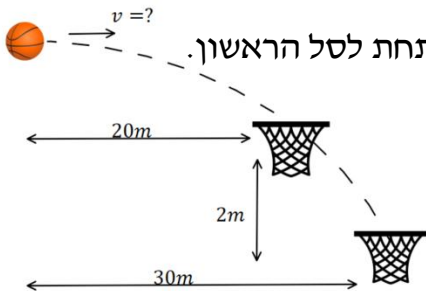
כדור נזרק אנכית כלפי מטה מגובה של 10 מטרים ובמהירות v לא ידועה. באותו הרגע, ובמרחק אופקי של 6 מטרים, נזרק כדור נוסף זריקה אופקית, מגובה 7 מטרים ובמהירות של 12 מטר לשנייה. הכדורים מתנגשים באוויר בגובה לא ידוע.



- מהו הזמן בו הכדורים מתנגשים?
- מהי המהירות בה נזרק הכדור הראשון?
- מהו הגובה שבו נפגשים הכדורים?
- מהי המהירות הכדור השני ברגע פגיעתו בכדור הראשון (גודל וכיוון)?

17) כדורסל עובר דרך שני סלים

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

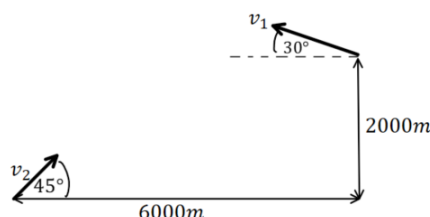


- מהי המהירות ההתחלתית של הכדור?
- מאיזה גובה מעל לסל העליון נזרק הכדור?
- כמה זמן חלף מהרגע בו נזרק הכדור ועד לרגע בו הגיע לסל השני?

18) תרגיל-כיפת ברזל מיירט קסאם

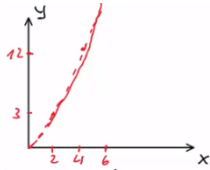
טיל קסאם נורה לעבר עמדה של כיפת ברזל. המכ"ם של הכיפה מזהה את הטיל כשהוא נמצא בגובה 2,000 מטר ובמרחק אופקי של 6,000 מטר מעמדת הכיפה. ברגע הגילוי, טיל זווית של 30 מעלות עם האופק. המחשב של כיפת ברזל מתריע, כי לפי חישוב המסלול של הטיל, הוא הולך לפגוע ישירות בעמדה. הנח שטיל הקסאם נע ללא מנוע (כלומר, כמו פגז בתנועה בליסטית).

- מהי המהירות הטיל ברגע הגילוי?
- ברגע הגילוי נורה טיל מיירט לעבר טיל הקסאם. הטיל המיירט נורה בזווית של 45 מעלות.
- מה צריכה להיות המהירות ההתחלתית של הטיל המיירט, בשביל שיפגע בטיל הקסאם (הנח שתנועת הטיל המיירט היא גם ללא מנוע)?
- מתי מתרחשת הפגיעה?
- באיזה גובה מתרחשת הפגיעה?



תשובות סופיות

א. $\vec{r}(t=0)=(0,0),$
 $\vec{r}_1(t=1)=(2,3),$
 $\vec{r}_2(t=2)=(4,12),$
 $\vec{r}_3(t=3)=(6,27)$
 ב. $\vec{r}=(2t, 3t^2)=2t\hat{x}+3t^2\hat{y}$ ג.



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

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

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

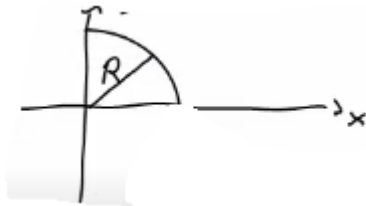
א. מיקום: $\vec{r}(t=4)=(40,80)$, מהירות: $\vec{v}(t=4)=(10,40)$ ב.

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

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

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

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



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

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

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

א. $y(t=0.28)\approx 3.78$ ב.

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

א. $x(t=0.82)\approx 4.49\text{m}$ ב.

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

מהירות: $v_y(t=2)=-5.86\frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_x(t=2)=10.14\frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ג.

א. $x(t=2.83)\approx 32.01\text{m}$ ב. $y(t=1.41)\approx 10\text{m}$ ג. $x_{\text{max}}=32.01\text{m}$ ד.

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

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

א. 18.57sec ב. 1724m ג. $211\frac{\text{m}}{\text{s}}$

(16) א. 0.5sec ב. $6\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ג. $13\frac{\text{m}}{\text{s}}$, בזווית -22.6° .

(17) א. $\sqrt{1250}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ב. 4.28m ג. 0.849sec

(18) א. $2^{10}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ב. $353\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ג. 13.95sec ד. 693m

תנועה יחסית

שאלות:

(1) תרגיל – מדרגות נעות

- כאשר אדם עומד על מדרגות נעות בחנות, הוא מגיע לקומה הרצויה תוך 50 שניות. יום אחד המדרגות הנעות התקלקלו, והוא היה צריך לעלות אותן ברגל בכוחות עצמו. כאשר הוא נע במלוא היכולת שלו, הוא מצליח להגיע לקומה הרצויה תוך 80 שניות. למחרת, המדרגות הנעות עבדו כרגיל, אך הוא החליט לרוץ בהן במלוא יכולתו בכל זאת.
- א. תוך כמה זמן הגיע 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) תרגיל – כדור נזרק במעלית

- מרצפת מעלית הנמצאת במנוחה נזרק כלפי מעלה במהירות התחלתית לא ידועה. הכדור עובר ליד שעון עצר, המחובר למעלית, ונמצא בגובה 2 מטרים מרצפת המעלית. שעון העצר מופעל ברגע שהכדור חולף לידו בפעם הראשונה ומפסיק ברגע שהכדור חולף לידו בפעם השנייה (בדרכו למטה). השעון מדד זמן של 0.5 שניות.
- 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 $4 \frac{m}{s^2}$. 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) תרגיל- דו מימד – מכונית ביחס לאוטובוס

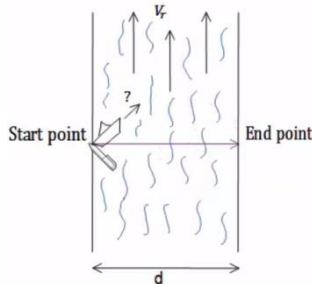
- מכונית נוסעת במהירות של 30 מטר לשנייה בכיוון 30 מעלות עם ציר ה- x . אוטובוס נוסע במהירות של 50 מטר לשנייה בכיוון ציר ה- x .
- א. מצא את המהירות היחסית בין האוטובוס למכונית.
- ב. מצא את כיוון הנסיעה של המכונית ביחס לאוטובוס.

(4) תרגיל – גשם על שמשת מכונית

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

(5) תרגיל – סירה בנהר

נהר זורם צפונה במהירות V_r . יוסי נמצא בגדה המערבית ורוצה להשיט סירה לרוחב הנהר.



מהירות הסירה היא V_{br} יחסית לנהר.

יוסי מעוניין להגיע אל הגדה הנגדית בדיוק מזרחית לנקודת מוצאו.

נתון כי רוחב הנהר הוא d .

א. באיזה כיוון הוא יהיה חייב להשיט את הסירה?

ב. מה מהירות הסירה יחסית לאדמה?

ג. כמה זמן תארך דרכו?

(6) תרגיל- כדור נזרק במעלית מאיצה

מעלית נעה בתאוצה קבועה כלפי מעלה של $2 \frac{m}{s^2}$. ברגע שמהירות המעלית היא $4 \frac{m}{s}$,

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. $t = 30.8 \text{ sec}$ ב. לא.
- (2) א. $T = 1.36 \text{ sec}$ ב. $S = 2.62 \text{ m}$ של שניהם. ג. $T = 1.36 \text{ sec}$
- ד. ביחס למעלית: $S = 2.62 \text{ m}$, ביחס לכדה"א: $S = 5.72 \text{ m}$. ה. $V = -2.8 \text{ m/s}$
- (3) א. $v'_{2y} = 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v'_{2x} = 24.01 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $\theta'_2 = 148^\circ$
- (4) מהירות: $v_y = -70.79 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$, $v_x = 29.21 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$
- (5) א. $\sin \theta = -\frac{V_r}{v_{br}}$ ב. $\sin \theta = -\frac{V_r}{V_{br}}$ ג. $t = \frac{d}{\sqrt{v_{br}^2 - v_r^2}}$
- (6) א. $T = 0.96 \text{ sec}$ ב. $S = 2.76 \text{ m}$ ג. $S = 4.46 \text{ m}$ ד. $V = 1.6 \text{ m/s}$

תרגילים לחזרה עד חלק זה (עד פרק 7)

(1) חללית ללא טייס

חללית ללא טייס משוגרת מכדור הארץ בצורה אנכית כלפי מעלה ובתאוצה קבועה. בגובה 1940 מטרים כבה לפתע מנוע החללית. החללית ממשיכה עוד 18 שניות בתנועה כלפי מעלה ולאחר מכן מתחילה ליפול בנפילה חופשית חזרה לקרקע.

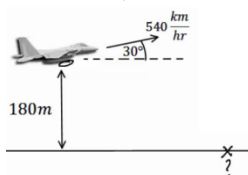
- חשב את תאוצת הגוף עד לרגע בו כבה המנוע.
 - מצא את הגובה המקסימלי אליו הגיעה החללית.
 - מהו הזמן מרגע השיגור ועד לרגע בו פוגעת החללית בקרקע?
 - מהי מהירות החללית ברגע פגיעתה בקרקע?
- צופים שנמצאים במרחק 50 מטרים ממקום השיגור מתחילים לברוח מהרגע בו כבה המנוע.
- ה. מהי המהירות הממוצעת בה צריכים הצופים 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.
- מתי יהיה הכדור בשיא הגובה? מהו שיא הגובה? מהי תאוצת הכדור ברגע זה?
 - מהו המרחק האופקי שבו יפגע הכדור חזרה בקרקע?
 - מהי מהירות הכדור (גודל וכיוון) ב- $t = 2\text{sec}$?

(3) מטוס בשיפוע משחרר פצצה

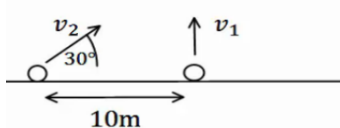
מטוס טס במהירות של 540 ק"מ לשעה בזווית של 30 מעלות מעל האופק. בגובה של 180 מטרים המטוס משחרר פצצה.



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

(4) שני כדורים – אולי נפגשים

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



- מצא מהי מהירות הכדורים, אם ידוע ששני הכדורים נחתו 4 שניות לאחר זריקתם.
- האם הכדורים נפגשו באוויר?
- חשוב מה צריך להיות התנאי הכללי על מנת שהכדורים יפגשו באוויר?

תשובת סופיות:

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

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

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

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

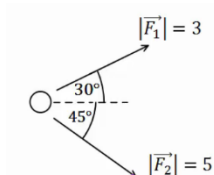
$$(3) \quad \text{א. } x(t) = 2,221.36 \text{m} \quad \text{ב. } |\vec{r}_v| = 161.52 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } \theta = -36.5^\circ$$

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

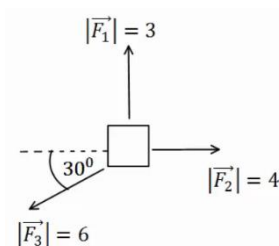
הקדמה, חוק ראשון ושלישי

שאלות

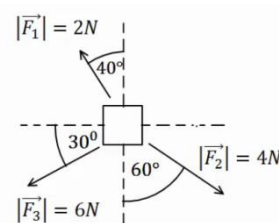
(1) חשב את שקול הכוחות הפועל על גוף במקרה הבא :



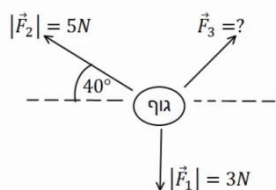
(2) חשב את שקול הכוחות הפועל על הגוף במקרה הבא :



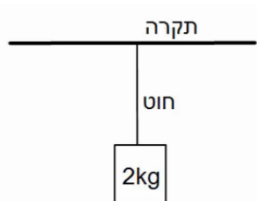
(3) חשב את שקול הכוחות הפועל על הגוף במקרה הבא :

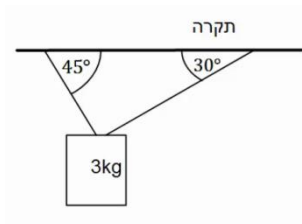


(4) באיור הבא נתונים הכוחות \vec{F}_1, \vec{F}_2 וידוע כי הגוף נע במהירות קבועה בקו ישר. מצא את גודלו וכיוונו של \vec{F}_3 .

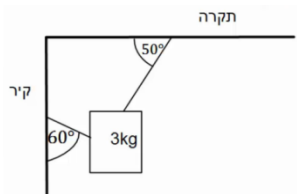


(5) גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד. מהי המתיחות בחוט אם מסת הגוף היא 2 ק"ג?

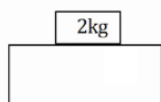




- 6) גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות שני חוטים, לפי האיור הבא.
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?

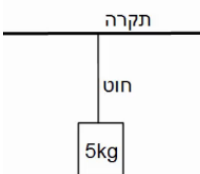


- 7) גוף תלוי במנוחה מהתקרה באמצעות חוט ומחובר לקיר המאונך לתקרה באמצעות חוט נוסף (הסתכל באיור).
מהי המתיחות בכל חוט אם מסת הגוף היא 3 ק"ג?



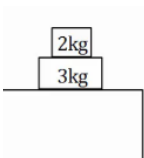
- 8) מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על שולחן.
א. שרטט תרשים כוחות על המסה.

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

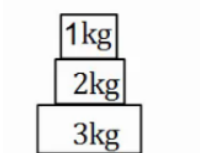


- 9) מסה של 5 ק"ג תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות חוט יחיד.
א. מהי המתיחות בחוט?
ב. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעיל החוט על התקרה?
ג. מהו גודלו וכיוונו של הכוח שמפעילה התקרה על החוט?

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



- 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.
ד. חשב את הכוח הנורמלי הפועל על השולחן.



- 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?

תשובות סופיות

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

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

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

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

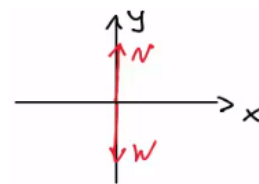
$$T = 20N \quad (5)$$

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

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

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

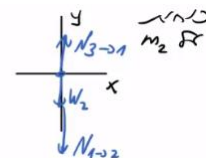
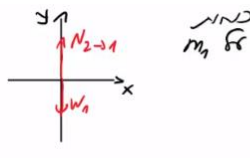
$$\text{ג. גודל: } N = 20, \text{ כיוון: כלפי מטה.}$$



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

$$T = 50N \quad (10)$$

$$\text{א. גודל: } N_{21} = 20 \quad \text{ב. גודל: } N_{32} = 50 \quad \text{ג. גודל: } N_{23} = 50N \quad \text{ד. גודל: } N_{43} = 60N \quad (11)$$



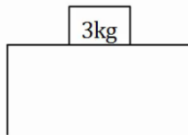
$$\text{א. גודל: } N_{32} = 30N, \text{ כיוון: כלפי מעלה.} \quad \text{ב. גודל: } N_{43} = 60N, \text{ כיוון: כלפי מעלה.} \quad (12)$$

הקדמה, חוק ראשון ושלישי – חיכוך

שאלות

(1) גוף על שולחן

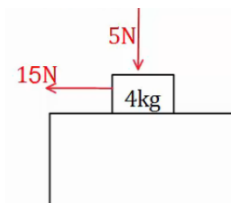
גוף בעל מסה של 3 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.4$.



- מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?
- כוח אופקי בגודל 10 ניוטון פועל על הגוף ימינה. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

(2) כוח מלמעלה

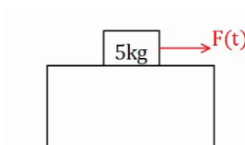
גוף בעל מסה של 4 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. כוח אנכי בגודל של 5 ניוטון לוחץ את הגוף כלפי השולחן. מקדם החיכוך הסטטי הוא: $\mu_s = 0.4$.



- מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?
- כוח אופקי בגודל 15 ניוטון פועל על הגוף שמאלה. מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי.

(3) כוח תלוי בזמן

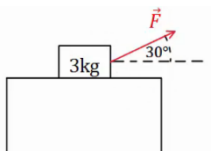
גוף בעל מסה של 5 ק"ג נמצא במנוחה על שולחן. כוח אופקי התלוי בזמן $F(t) = 2 \cdot t^2$ פועל על הגוף ימינה. מקדם החיכוך הסטטי הוא $\mu_s = 0.3$.



- מהו הכוח המקסימלי הניתן להפעיל על הגוף, כך שישאר במנוחה?
- מתי יתחיל הגוף בתנועה?
- שרטט גרף של החיכוך הסטטי כתלות בזמן.

(4) 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 $\mu_s = 0.3$.

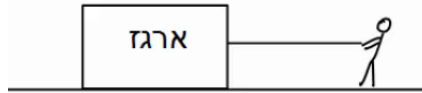


- מהו הגודל המקסימלי של הכוח בשאלה אותו ניתן להפעיל כך שהגוף ישאר במנוחה?
- מצא את גודלו וכיוונו של החיכוך הסטטי אם גודל הכוח הוא 5 ניוטון.

(5) דני מושך במקביל לקרקע

דני מושך ארגז במקביל לקרקע.

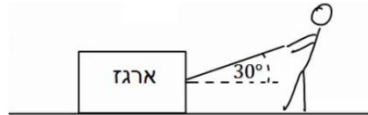
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא $\mu_k = 0.2$. מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל דני, אם הארגז נע במהירות קבועה?



(6) ירון מושך בזווית

ירון מושך ארגז באמצעות חבל הנמתח בזווית של 30 מעלות ביחס לקרקע.

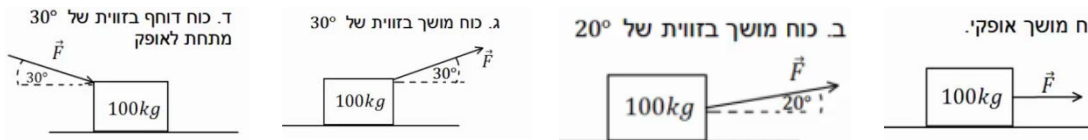
ידוע כי מסת הארגז היא 20 ק"ג, ומקדם החיכוך הקינטי בין הארגז לקרקע הוא $\mu_k = 0.2$. מצא מהו גודלו של הכוח שמפעיל ירון, אם הארגז נע במהירות קבועה.



(7) 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 $\mu_k = 0.4$.



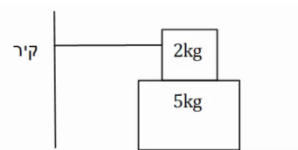
(8) מסה על מסה קשורה לקיר

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



א. מהו הכוח האופקי המקסימלי שניתן להפעיל

על המסה התחתונה בכיוון ימין, כך שהיא תישאר במנוחה?

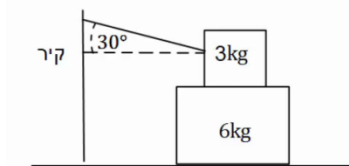
ב. מה המתיחות בחוט, אם הכוח הוא אותו כוח שחישבת בסעיף א'?

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

הנח שהמסה כבר בתנועה.

9) מסה על מסה קשורה לקיר בזווית

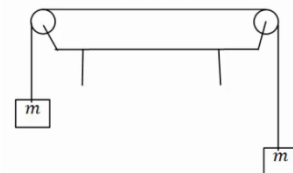
מסה של 3 ק"ג מונחת מעל מסה של 6 ק"ג.
המסה העליונה קשורה בחוט המתוח בזווית של 30 מעלות ומחובר לקיר משמאל.
מקדם החיכוך הסטטי בין המסות ובין המסה התחתונה למשטח הוא $\mu_s = 0.3$.



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

10) שתי משקולות תלויות על שולחן

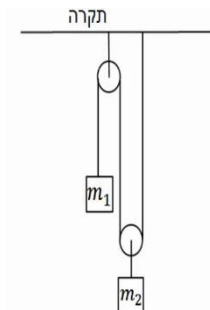
שתי משקולות זהות בעלות מסה של 4 ק"ג תלויות במנוחה משני צידיו של שולחן. המשקולות מחוברות באמצעות חוט העובר דרך גלגלות אידיאליות, ראה איור.



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

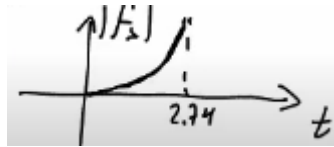
11) יחס המסות

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



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

תשובות סופיות



ג.

ב. $\vec{f}_s = -10\hat{x}$

ב. $\vec{f}_s = -15\hat{x}_N$

ב. $t = 2.74 \text{ sec}$

ב. $f_s = 4.330 \text{ N}$

(1) א. $f_{s_{\max}} = 12 \text{ N}$

(2) א. $f_{s_{\max}} = 18 \text{ N}$

(3) א. $f_{s_{\max}} = 15 \text{ N}$

(4) א. $F_{\max} = 8.858 \text{ N}$

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

(6) $T \approx 41.41 \text{ N}$

(7) א. $F = 400 \text{ N}$

(8) א. $F_{\max} = 27 \text{ N}$

(9) א. $F_{\max} = 33.34 \text{ N}$

(10) א. $T = 40 \text{ N}$

(11) א. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2}$

ז. $F = 600.58 \text{ N}$

ג. $F = 375.23 \text{ N}$

ב. $F \approx 371.57 \text{ N}$

ג. $F = 18 \text{ N}$

ב. $T = 6 \text{ N}$

ב. $T = 8.86 \text{ N}$

ב. $\theta = 45^\circ, F = 56.57 \text{ N}$

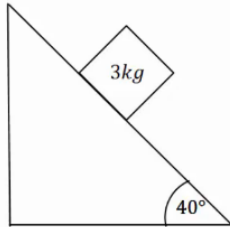
ב. $T_2 = 0.4 \text{ N}, T_1 = 0.2 \text{ N}$

ג. לא.

הקדמה, חוק ראשון ושלישי – המישור המשופע

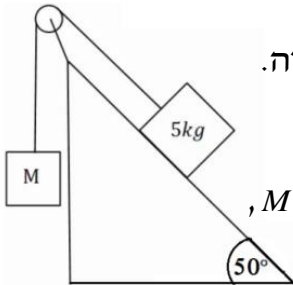
(1) מסה בשיפוע

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.



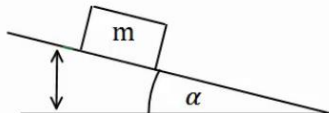
(2) מסה בשיפוע ומסה באוויר

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.



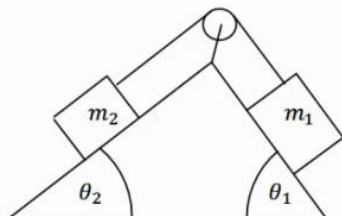
(3) זווית החלקה

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.



(4) שתי מסות ושני שיפועים

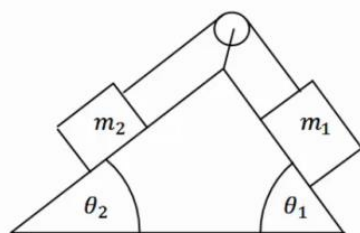
במערכת הבאה ישנו מדרון עם שיפוע שונה משני צידיו, זוויות השיפוע הן θ_1, θ_2 . שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון.



המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. אין חיכוך בין המדרון למסות. נתון: θ_1, θ_2, m_1 וכי המערכת נמצאת במנוחה. מצא את m_2 .

(5) שתי מסות, שני שיפועים וחיכוך

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

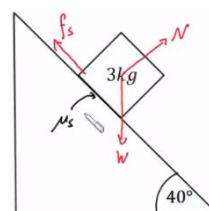


שתי מסות שונות m_1, m_2 מונחות בשני צידי המדרון. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי, ודרך גלגלת אידיאלית המקובעת למדרון. בין המסות למדרון קיים חיכוך. המסות נעות במהירות קבועה עם כיוון השעון.

נתון: $\mu_k, \theta_1, \theta_2, m_1$. מצא את m_2 .

תשובות סופיות

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



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

(3) א. $\alpha = 11.31^\circ$, ב. $\alpha = \arctan(\mu_s)$, ג. ראו בוידאו.

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

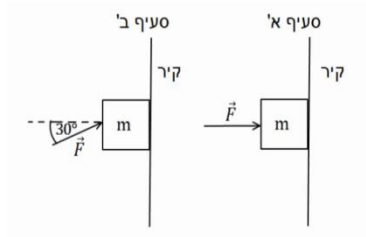
(5) $m_2 = m_1 \left(\frac{-\mu_k \cos \theta_1 + \sin \theta_1}{\sin \theta_2 + \mu_k \cos \theta_2} \right) = m_1 \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$

תרגילים נוספים לחוק הראשון והשלישי של ניוטון

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.

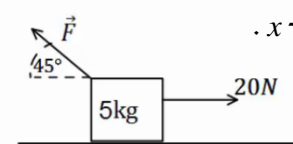


א. מה הגודל המינימלי של הכוח המאפשר לשמור על הארגז במנוחה.

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

(2) 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.

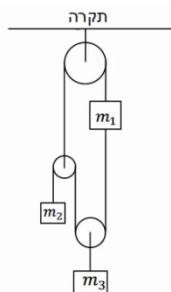
(3) מערכת גלגלות

במערכת הבאה כל הגלגלות והחוט הם אידיאליים.

המסות m_1, m_2 נתונות.

מצא את ואת המתחיות בכל חוט,

אם ידוע כי כל המערכת נמצאת במנוחה.



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

קופסה בעלת מסה M מונחת על שולחן.

הקופסה קשורה בחוט אידיאלי לטבעת חסרת מסה.

מסה m תלויה גם כן באמצעות חוט אידיאלי מהטבעת

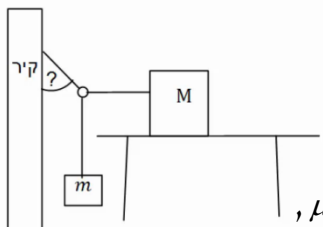
ונמצאת באוויר. חוט נוסף מחבר את הטבעת לקיר.

ידוע כי מקדם החיכוך הסטטי בין המסה M לשולחן הוא μ_s ,

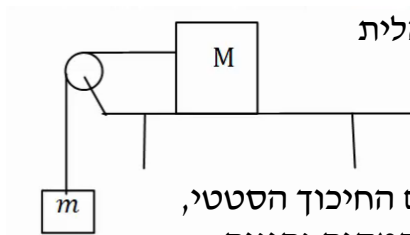
וכי כוח החיכוך הפועל על המסה במצב הנ"ל מקסימלי.

מצא את המתחיות בכל חוט ואת הזווית בה מחובר החוט לקיר,

אם M, m, μ_s נתונים.



(5) מקדם חיכוך מינימלי וכוחות על שולחן



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

- א. מצא מהו ערכו המינימלי האפשרי של מקדם החיכוך הסטטי, אם ידוע שהמערכת נמצאת במנוחה. הנח שהמסות נתונות.
- ב. מהו הכוח שמפעיל המוט המחזיק את הגלגלת על הגלגלת?
- ג. מהו הכוח הכולל הפועל על השולחן מהמערכת (מסות והמוט שמחזיק את הגלגלת)?
- ד. מהו הכוח הנורמלי ומהו כוח החיכוך הפועלים על השולחן מהרצפה? (התייחס למסת השולחן כנתונה)

(6) תרגיל – נער מושך בחוטים

מסה m_1 מונחת על משטח אופקי לא חלק. נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_3 , כך שהמסה m_1 על סף תנועה. הנער עומד על משקל.

נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 30^\circ$, $m_2 = 50\text{kg}$.

החוט T_2 אופקי ו- T_3 אנכי.

הוראת המשקל היא 450N .

א. חשב את המתוחות בחוטים T_1 , T_2 ו- T_3 .

ב. חשב את ערכה של מסה m_1 .

(7) נער מושך בחוטים שוב

מסה m_1 מונחת על משטח משופע לא חלק. נער שמסתו m_2 מושך את קצה החוט T_2 . החוט T_2 מחובר למרכז הגלגלת חסרת חיכוך ומסה. הנער עומד על משקל.

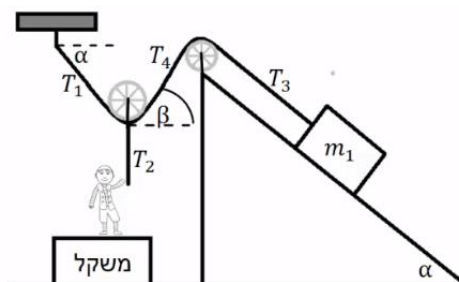
נתון: $\mu_s = 0.2$, $\alpha = 40^\circ$, $m_1 = 80\text{Kg}$, $m_2 = 60\text{Kg}$.

החוט T_2 מאונך ו- T_3 מקביל למדרון. הוראת המשקל היא 120N .

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

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

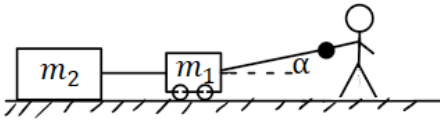
ג. מצא את גודלו וכיוונו של כוח החיכוך בין m_1 למדרון.



8 תרגיל – נער מושך עגלה הקשורה למשקולת

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

א. מהי המתחיות בחוט בין העגלה למשקולת?
ב. מהו הכוח שהאדם מושך את מסה m_1 ?



תשובות סופיות

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

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

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

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

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

$$(6) \quad N = -\sum F_y = (M + m)g + \tilde{M}g \quad \text{ד.}$$

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

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

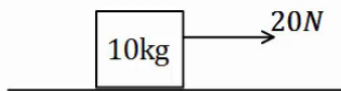
$$\text{ג.} \quad f_s = 141\text{ N}, \quad \text{כיוון: במעלה המדרון.}$$

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

החוק השני של ניוטון

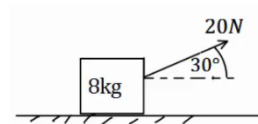
שאלות

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



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

- א. בדוק האם הארגז נשאר במנוחה או מתחיל לנוע.
ב. כמה זמן ייקח להזיז את הארגז למרחק של 30 מטרים באמצעות כוח זה?

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

(3) מרחק עצירה

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

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

הנח שהגלגלים ננעלים ואין למכונית מערכת ABS.

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

(4) כוח קבוע נפסק בפתאומיות

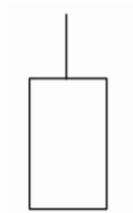
מסה של 2 ק"ג נמצאת במנוחה על משטח אופקי.

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

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

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

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

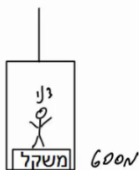


(5) כוחות על מעלית

- מעלית עולה בתאוצה של 0.5 מטרים לשנייה בריבוע, באמצעות כבל הקשור לתקרתה. מסת המעלית היא 600 ק"ג.
- שרטט תרשים כוחות על המעלית.
 - הקפד על הגודל היחסי של כל וקטור בשרטוט.
 - שרטט את שקול הכוחות ואת וקטור התאוצה.
 - מהי המתיחות בכבל?

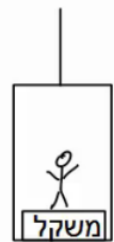
(6) משקל במעלית

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

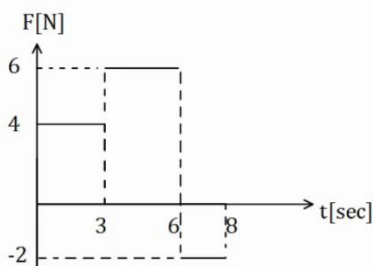


- מהי מסתו של דני?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת במהירות קבועה של 3 מטרים לשנייה?
- מה יראה המשקל אם המעלית עולה בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית יורדת בתאוצה של 3 מטר לשנייה בריבוע?
- מה יראה המשקל אם המעלית נופלת נפילה חופשית?

(7) עוד משקל במעלית

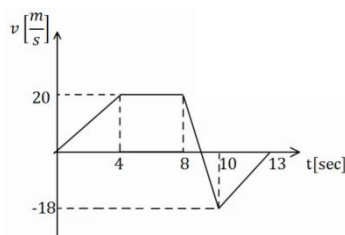


- יוסי נמצא במעלית ומודד את מסתו באמצעות משקל. יוסי מודד פעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מעלה של 3 מטרים לשנייה בריבוע, ופעם אחת כאשר המעלית נמצאת בתאוצה כלפי מטה של 1 מטר לשנייה בריבוע. ההפרש בין המדידות הוא 12 ק"ג. מהי מסתו האמיתית של יוסי?



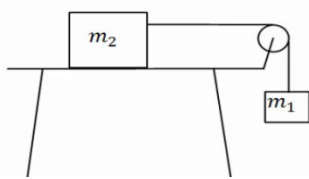
(8) בגרף הבא נתון הכוח הפועל על גוף כתלות בזמן.

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



(9) גוף בעל מסה של 3 ק"ג נע לאורך קו ישר.

- מהירות הגוף כתלות בזמן נתונה לפי הגרף הבא. מצא את שקול הכוחות הפועל על הגוף בכל רגע, ושרטט גרף של השקול כתלות בזמן.



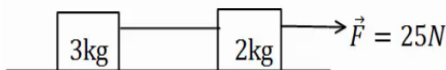
10) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה

במערכת הבאה המסה $m_2 = 5\text{kg}$ נמצאת על שולחן אופקי ומחוברת דרך חוט אידיאלי למסה התלויה באוויר m_1 .

- בין השולחן ל- m_2 קיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם $\mu_s = 0.3$, $\mu_k = 0.2$. המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא 3m .
- מצא את גודלה המינימלי של m_1 , עבורה המערכת תהיה בתנועה.
 - הנח שגודלה של m_1 כפול מזה שחישבת בסעיף הקודם. מהן תאוצות המסות?
 - כמה זמן ייקח למסה להגיע אל הקרקע?
 - מהן מהירויות המסות ברגע זה?

11) כוח מושך מסה שמושכת מסה

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

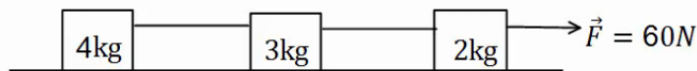


- מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוט אם המשטח חלק (חסר חיכוך).
- חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח, ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.

12) כוח מושך מסה שמושכת מסה שמושכת מסה

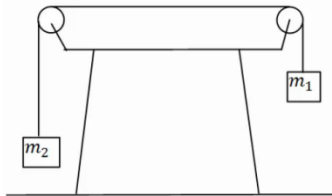
מסה של 2kg נמצאת במנוחה על משטח אופקי. המסה מחוברת באמצעות חוט אידיאלי למסה נוספת של 3kg נמצאת במנוחה על המשטח גם כן. המסה השנייה מחוברת למסה של 4kg בצורה דומה. כוח אופקי של 60N ניוטון מושך את המסה הראשונה כלפי ימין.

- מצא את תאוצות המסות ואת המתיחות בחוטים אם המשטח חלק (חסר חיכוך).
- חזור על סעיף א' במידה וקיים חיכוך בין המסות למשטח הקודם ומקדם החיכוך הקינטי הוא $\mu_k = 0.2$.



13 שתי מסות תלויות

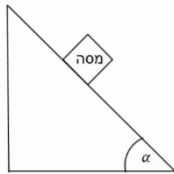
במערכת הבאה שתי מסות שונות $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$. המסות מחוברות באמצעות חוט אידיאלי ודרך גלגלות אידיאליות. המערכת מתחילה ממנוחה וגובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא 2m .



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

14 מדרון משופע בסיסי

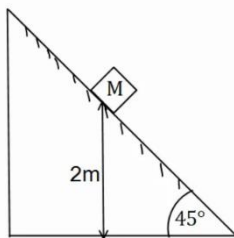
מסה מונחת על מדרון משופע בעל זווית α . אין חיכוך בין המסה למדרון.



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

15 מדרון משופע עם חיכוך

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

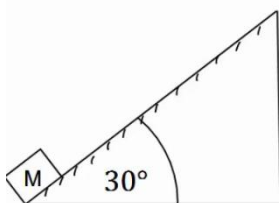


- האם המסה תתחיל להחליק או תשאר במנוחה?
- מצא תוך כמה זמן תגיע המסה לתחתית המדרון. מהי מהירותה ברגע זה?

16 מסה נזרקת במעלה המדרון

מסה M נזרקת במעלה מדרון משופע במהירות התחלתית של $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

זווית המדרון היא 30° מעלות. מקדמי החיכוך הסטטי והקינטי בין המסה למדרון הם $\mu_s = 0.25$, $\mu_k = 0.2$.

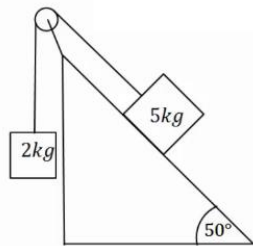


- מצא את תאוצת המסה.
- רשום משוואת מיקום-זמן עבור תנועת המסה.
- מתי מגיעה המסה לשיא גובה תנועתה על המדרון?
- האם המסה תיעצר בשיא הגובה?

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.



- לאיזה כיוון תנוע המערכת?
- מצא את תאוצת המערכת.

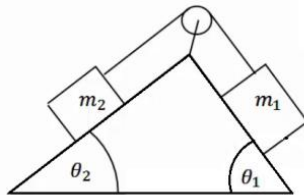
כעת הנח שקיים חיכוך ומקדמי החיכוך הם :

$$\mu_s = 0.25, \quad \mu_k = 0.2$$

- לאיזה כיוון יפעל החיכוך? האם החיכוך סטטי הוא קינטי?
- מצא שוב את תאוצת המערכת.

18) שתי מסות ושני 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 המסות למדרון.



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

- לאיזה כיוון תנוע המערכת?
- מצא את תאוצת המערכת.

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

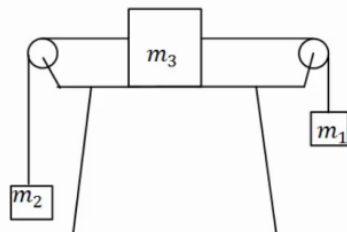
- לאיזה כיוון יפעל החיכוך והאם החיכוך סטטי או קינטי?
- מצא שוב את תאוצת המערכת.

19) מסה על שולחן ושתי מסות תלויות

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

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

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



- האם המערכת תהיה במנוחה או בתנועה?
- 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

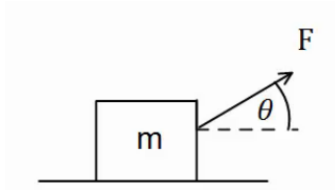
כתלות בפרמטרים הרשומים בשאלה.

ב. הנח כי מקדם החיכוך הקינטי הוא 0.3.

בדוק באילו מהערכים הבאים של הזווית

ג. יש את התאוצה הגבוהה ביותר: $\theta = -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 45^\circ$.

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



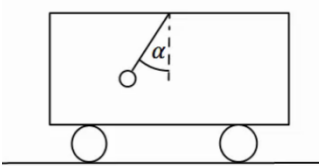
21) מטוטלת במכונית

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?



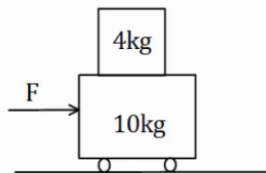
22) מסה של 4 על עגלה של 10

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

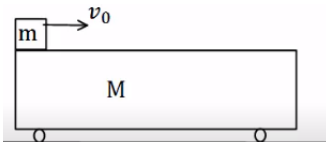
החיכוך בין העגלה למשטח זניח.

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 m מונחת על עגלה בעלת מסה M , הנמצאת במנוחה.

המסה מונחת בקצה השמאלי של העגלה.

נותנים למסה העליונה (בלבד) מהירות התחלתית v_0 .

בין המסה לגג העגלה קיים חיכוך, והחיכוך בין העגלה למשטח – זניח.

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

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

ב. מצא את הביטוי למיקום ולמהירות העגלה, כתלות בזמן.

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

24) מסה צמודה למשאית

מסה m מונחת בצמוד לחלקה הקדמי של משאית. בין המסה למשטח קיים חיכוך.

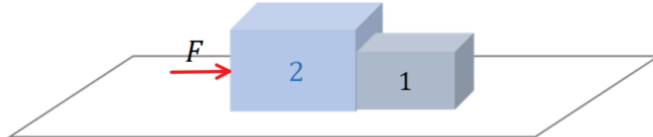
נתון: μ_s, m .

מהי התאוצה המינימלית הדרושה למשאית

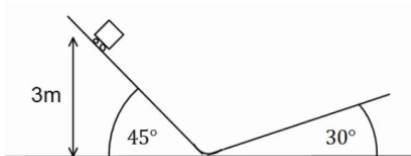
על מנת שהמסה לא תיפול?



- (25) כוח דוחף שתי קופסאות צמודות**
שתי תיבות נמצאות צמודות זו לזו על משטח אופקי חסר חיכוך.
מסות התיבות הן $m_1 = 3\text{ kg}$ ו- $m_2 = 5\text{ kg}$. כוח אופקי דוחף את תיבה 2 שדוחפת את תיבה אחת, כפי שמתואר בתרשים. גודל הכוח הוא $F = 16\text{ N}$.
חשב את:
א. התאוצה של כל תיבה.
ב. הכוח הנורמלי $N_{1 \rightarrow 2}$, שבו התיבה הראשונה דוחפת את השנייה.
ג. הכוח הנורמלי $N_{2 \rightarrow 1}$, שבו התיבה השנייה דוחפת את הראשונה.



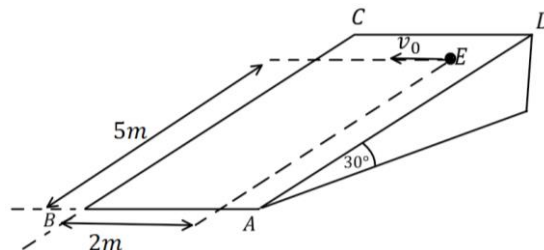
- (26) קופסה בין מדרונות**
קופסה קטנה עם גלגלים מונחת על מישור משופע בעל זווית של 45° מעלות. הקופסה משוחררת ממנוחה מגובה של 3 מטרים ומתחילה בתנועה. בתחתית המדרון הקופסה עוברת למדרון משופע אחר בעל זווית של 30° מעלות. הזנח אפקטים המתרחשים בעת המעבר והנח כי גודל מהירות הקופסה במעבר בין המדרונות נשאר זהה.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

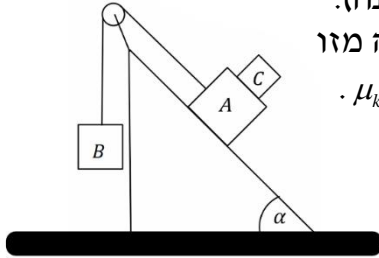


28) גוף על גוף במישור משופע

גוף A בעל מסה m_A , גוף 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 . א. מהי המסה המרבית של גוף B , כך שהגופים C ו- 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

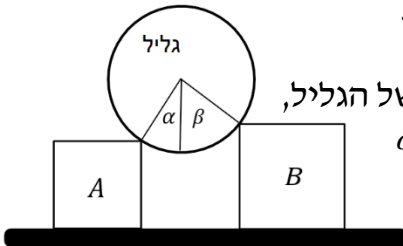
גליל אחיד, שמסתו m , מונח על שני ארגזים שמסותיהם $m_A = m$, $m_B = 2m$. לארגזים גבהים שונים, והם מונחים על משטח אופקי.

בין הגליל לארגזים אין חיכוך.

כשהמערכת נמצאת בשיווי משקל יוצרים הרדיוסים של הגליל, הנוגעים בפנינות הארגזים, זוויות של $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$.

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_s , μ_k . כוח חיצוני \vec{F} מופעל על הגוף העליון בזווית α מתחת לאופק.

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

א. בהנחה שהגופים נעים יחדיו, מהי התאוצה המשותפת?

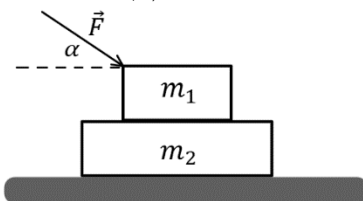
ב. בהנחה שהגופים נעים יחדיו, מהו גודלו של כוח החיכוך בין הגופים?

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

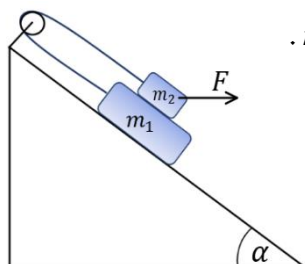
ד. נתון כי $\mu_s = 0.2$, $\mu_k = 0.15$, $\alpha = 30^\circ$. מצא את תאוצת כל גוף,

כאשר הכוח הדוחף הוא $F = \frac{1}{2}mg$.

ה. חזור על סעיף ד' כאשר $F = 3mg$.



31) מסה על מסה מחוברות בגלגלת



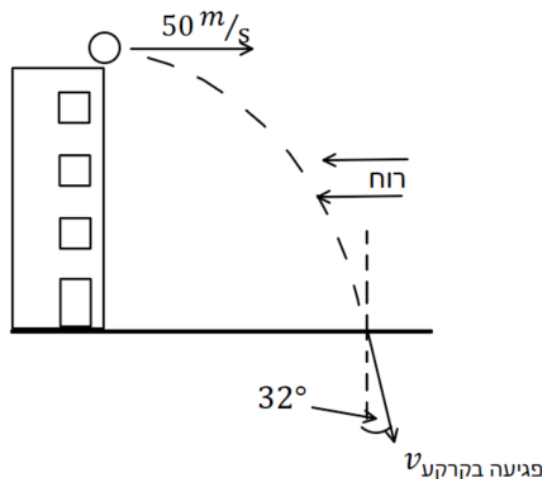
נתונה מערכת הכוללת שני גופים : $m_1 = 4\text{kg}$, $m_2 = 3\text{kg}$.
 הגופים קשורים על ידי חוט וגלגלת אידיאלית,
 ומונחים על מישור משופע בעל זווית $\alpha = 30^\circ$.
 מקדמי החיכוך בין הגופים הם : $\mu_k = \mu_s = 0.4$,
 ומקדמי החיכוך עם המישור הם : $\mu_k = \mu_s = 0.3$.
 כוח אופקי F פועל על m_2 .

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

32) זריקה אופקית בהשפעת רוח

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

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



33) מסה על שולחן מחוברת למסה תלויה וכוח

המערכת שמתוארת בתרשים משוחררת ממנוחה ונעה ימינה.

הזנח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך.

כעבור 2 שניות נקרע החוט, והכוח F ממשיך לפעול.

נתון: $F = 15\text{N}$, $m_1 = 3\text{kg}$.

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:

1. שרטט את הכוחות הפועלים על כל גוף.

2. רשום את המיקום כתלות בזמן של m_1 .

3. חשב את m_2 ואת המתיחות בחוט.

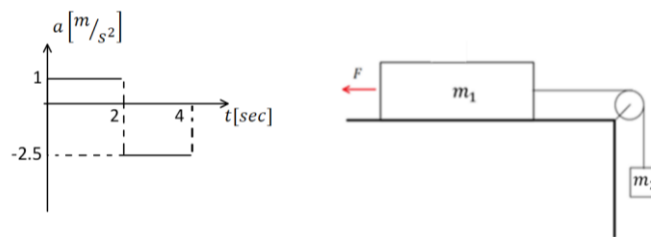
ב. האם m_1 שינתה את כיוון תנועתה במהלך 4 השניות הראשונות? נמק אם

כן או לא, ובמידה וכן, מצא את הזמן והמרחק בו התרחש השינוי.

ג. שרטט את המהירות כתלות בזמן עבור m_1 , ב-4 השניות של התנועה.

ד. אם המשטח לא היה חלק, מהו מקדם החיכוך הסטטי המינימלי,

עבורו המערכת הייתה נשארת במנוחה?



תשובות סופיות

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

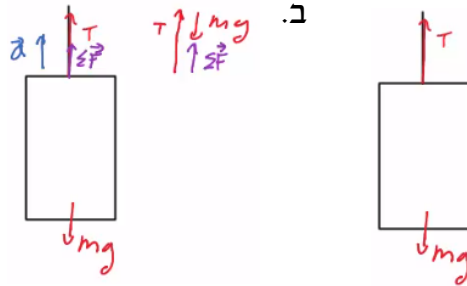
(2) א. הגוף לא יכול להיות במנוחה. ב. $t \approx 6.82 sec$

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

(3) א. כן, כי $\Delta x \approx 37.5m < 50m$. ב. לא, כי $\Delta x = 15 + 37.5 = 52.5m > 50m$.

(4) א. $x(t=4) = 24m$ ב. $x_F = 60m$

(5) א. $T = 6300N$ ב. $T = 6300N$



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

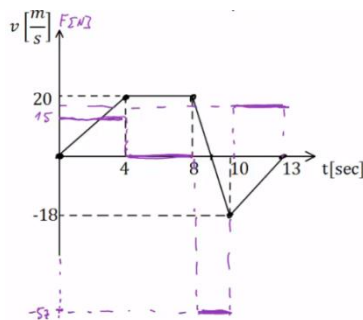
ד. $m_{Dani} = 42kg$ ה. 0

(7) $m_{Yossi} = 30kg$

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

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

(9) שקול הכוחות: $\sum F = 18N$, גרף:



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

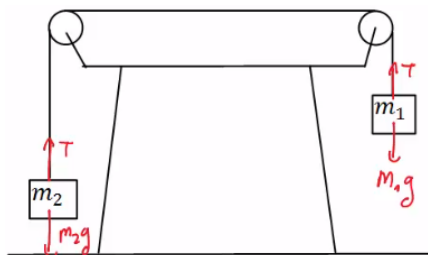
ד. $v_1(t = 1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{y}$, $v_2(t = 1.55) \approx 3.87 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \hat{x}$

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

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

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

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

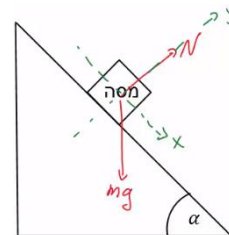


ה. $v(t = 0.89) \approx 4.47 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $t = \sqrt{\frac{4}{5}} \text{ sec}$

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

ב. $a_x = g \sin \alpha$

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(23) א. מיקום-זמן: $x_1(t) = 0 - 20t - \frac{2}{2}t^2$, מהירות-זמן: $v_1(t) = 20 - 2t$.

ב. מיקום-זמן: $x_2(t) = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}t^2$, מהירות-זמן: $v_2(t) = 0 + \frac{1}{2}t$. ג. $v_2(t=8) = 4 \frac{m}{sec}$.

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

$$a_1 = a_2 = 2 \frac{m}{s^2} \quad (25) \quad \text{א.} \quad N_{1 \rightarrow 2} = 6N \quad \text{ב.} \quad N_{2 \rightarrow 1} = 6N \quad \text{ג.}$$

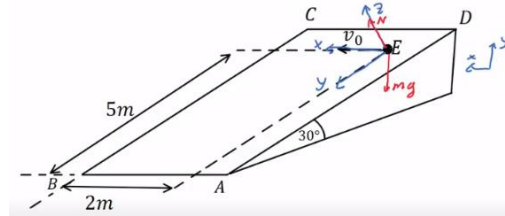
$$h_{\max} = 3m \quad \text{א.} \quad h_{\max} = 1.78m \quad \text{ב.} \quad (26)$$

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

ב. פרבולה כמו בזריקה אופקית.

$$v_0 = \sqrt{2} \frac{m}{sec} \quad \text{ג.}$$

$$v_{x(t_B)} = \sqrt{2} \frac{m}{sec}, \quad v_{y(t_B)} = 7.07 \frac{m}{sec} \quad \text{ד.}$$



$$a = g [\mu_s \cos \alpha - \sin \alpha], \quad T = g (m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha \quad \text{ב.} \quad m_{B_{\max}} = \frac{(m_A + m_C) \mu_s \cos \alpha}{1 + \sin \alpha - \mu_s \cos \alpha} \quad \text{א.} \quad (28)$$

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

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

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

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

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

(32) א. (1) לא, כי היא משפיעה רק על ציר ה-x.

(2) כן, כי היא משפיעה על רכיב המהירות בציר ה-x, משפיע על גודל המהירות.

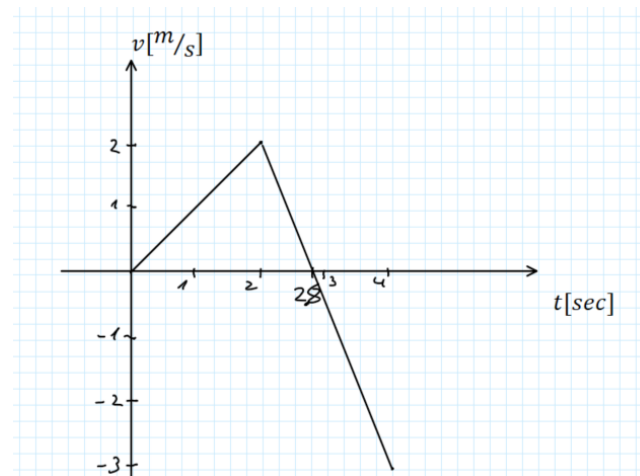
$$F = 6.25N \quad (1) \quad \text{ב.} \quad \text{ראה סרטון.}$$

ג. 25m

$$x(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}t^2 & 0 \leq t \leq 2 \\ 2 + 2(t-2) - \frac{2.5}{2}(t-2)^2 & 2 \leq t \leq 4 \end{cases} \quad .2 \quad \text{33 א.1. ראו בסרטון.}$$

3. $m_2 = 2\text{kg}$, $T = 18\text{N}$, ב. כן, $t = 2.8\text{sec}$, $x = 28\text{m}$, ז. $\mu_{s\min} = \frac{1}{6}$.

ג. שרטוט:



הכוח האלסטי – קפיץ

שאלות

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

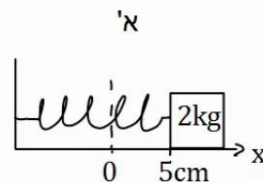
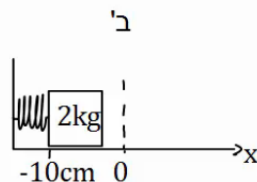
בין הגוף למשטח אין חיכוך.

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

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

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

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

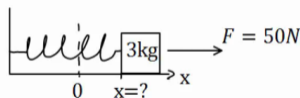


(2) גוף בעל מסה של 3 ק"ג מחובר לקפיץ בעל קבוע קפיץ $k = 100 \frac{N}{m}$.

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)?

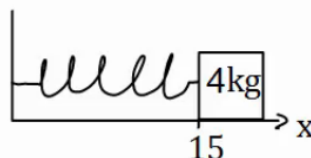
(3) גוף בעל מסה של 4 ק"ג מחובר לקיר באמצעות קפיץ בעל קבוע קפיץ $k = 50 \frac{N}{m}$.

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.

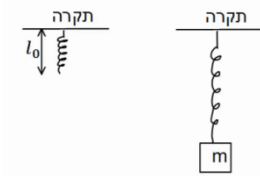
ב. חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על הגוף כאשר הגוף במרחק 6 ס"מ מהקיר.

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



(4) שיטה למדידת קבוע קפיץ

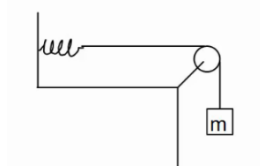
מסה m תלויה מהתקרה באמצעות קפיץ שאורכו הרפוי הוא l_0 . משחררים את המסה לאט לאט עד אשר היא מגיעה לנקודה בה היא תלויה לבד במנוחה.



- מה מיוחד בנקודה זו?
- 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.

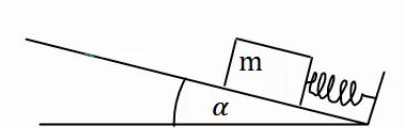


קבוע הקפיץ הוא $k = 10 \frac{N}{m}$.

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

(6) קפיץ בשיפוע

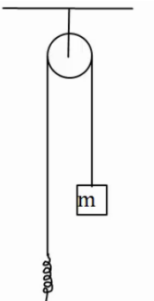
מסה m נמצאת במנוחה על מישור משופע בעל זווית α .



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

(7) מסה מחוברת לקפיץ דרך גלגלת בתקרה

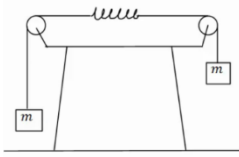
מסה m מחוברת לקפיץ אידיאלי (חסר מסה) דרך גלגלת אידיאלית המחוברת לתקרה.



- הקפיץ מחובר לקרקע וקבוע הקפיץ הוא k . מצא את התארכות הקפיץ אם נתון שהמסה בשיווי משקל.

(8) שתי מסות משני צדי שולחן וקפיץ באמצע

במערכת הבאה שתי מסות זהות m תלויות משני צדיו של השולחן באמצעות חוטים וגלגלות אידיאליים.

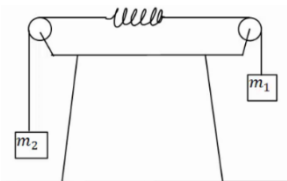


באמצע החוט ישנו קפיץ בעל קבוע קפיץ k . מצא את התארכות הקפיץ.

(9) שתי מסות משני צדי שולחן וקפיץ באמצע בתאוצה

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

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



הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מצא את תאוצת המערכת.

ב. מצא את התארכות הקפיץ.

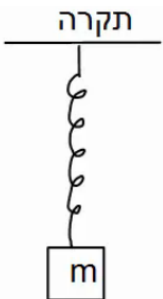
(10) מסה תלויה ומתיחה

מסה תלויה במנוחה מהתקרה באמצעות קפיץ אידיאלי -

$$m = 2\text{kg}, \quad k = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

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

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



(11) מסות תלויות מהתקרה עם קפיץ בתאוצה

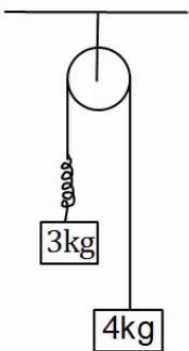
במערכת הבאה שתי מסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידאלית.

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

הנח כי אורך הקפיץ קבוע במהלך התנועה.

א. מהי תאוצת המסות?

ב. מהי ההתארכות של הקפיץ?



12 קפיץ במכונית נוסעת

מסה $m = 5\text{kg}$ נמצאת על רצפת מכונית. המסה מחוברת באמצעות קפיץ חסר מסה

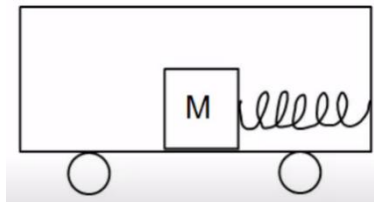
לצד המכונית, ויכולה לנוע על הרצפה ללא חיכוך. קבוע הקפיץ הוא $k = 30 \frac{N}{m}$.

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.

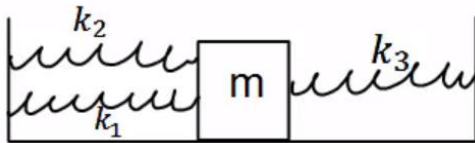
ג. מהי ההתארכות בקפיץ או המכונית נעה בתאוצה קבועה של 3 מטר לשנייה בריבוע שמאלה? ציין האם הקפיץ נמתח או מתכווץ.



13 מסה עם שלושה קפיצים

שלושה קפיצים מחוברים למסה $m = 2\text{kg}$, כפי שנראה באיור.

אין חיכוך בין המסה לרצפה.



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

הנח כי כל הקפיצים רפויים באותה הנקודה.

מהי תאוצת המסה כאשר היא נמצאת במרחק 20 ס"מ מנקודת שיווי המשקל?

14 תרגיל - שלושה קפיצים שוב

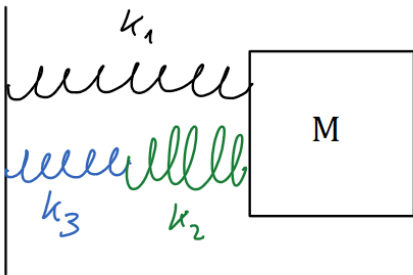
באיור הבא, המסה $m = 4\text{kg}$ מחוברת

לשלושה קפיצים בעלי קבועי קפיץ שונים.

הנח שכל הקפיצים רפויים כאשר המסה נמצאת ב- $x = 0$.

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

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



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

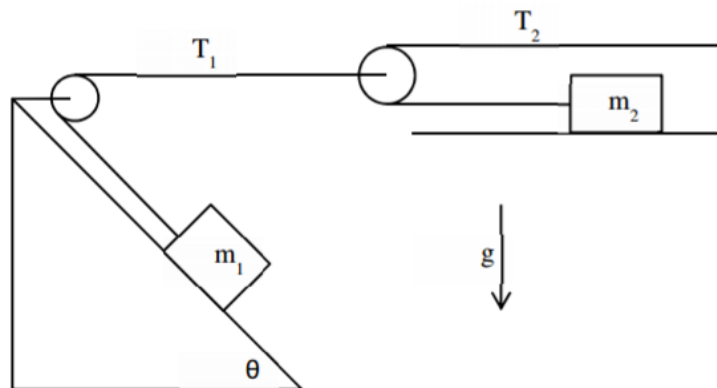
(14) $a \approx 0.326 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

תאוצות לא שוות

שאלות

(1) תרגיל – מסה במדרון ומסה אופקית

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



תשובות סופיות

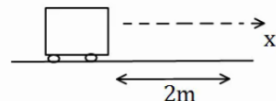
$$(1) \quad \text{א. } m_2 = \frac{m_1 \sin \theta}{2\mu} \quad \text{ב. } m_2 = 6.25\text{kg} \quad \text{ג. } a_2 = 2a_1 \quad \text{ד. } a_2 = 2a_1$$

$$a_1 = \frac{m_1 g \sin \theta - 2\mu m_2 g}{4m_2 + m_1}, \quad a_1 = 2.33 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

העבודה שמבצע כוח

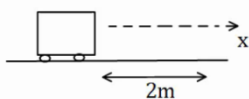
שאלות

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



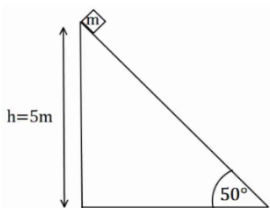
- א. בכיוון ציר ה- x .
ב. בכיוון 30° עם ציר ה- x .
ג. בכיוון 30° מתחת לציר ה- x .

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



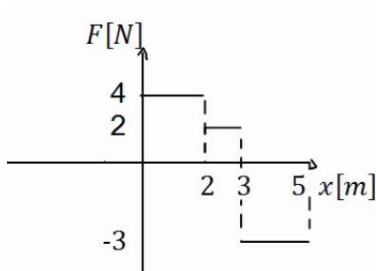
- א. בכיוון ציר ה- y .
ב. בכיוון 30° מעל ציר ה- x השלילי.
ג. בכיוון 30° מתחת לציר ה- x השלילי.

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

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



(5) כוח כתלות במיקום

- נתון גרף של הכוח כתלות במיקום.
א. מהי העבודה הכוללת שמבצע הכוח הבא?
ב. מהי עבודת הכוח בשני המטרים האחרונים של התנועה?

תשובות סופיות

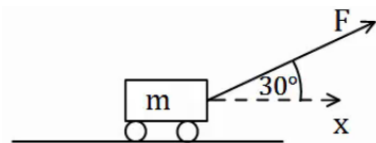
- | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----|
| $W = 5 \cdot \sqrt{3} \text{ ג.}$ | $W = 5 \cdot \sqrt{3} \text{ ב.}$ | $W = 10 \text{ א.}$ | (1) |
| $W \approx -8.66 \text{ ג.}$ | $W \approx -8.66 \text{ ב.}$ | $W = 0 \text{ א.}$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

אנרגיה קינטית והקשר לעבודה

שאלות

(6) 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?

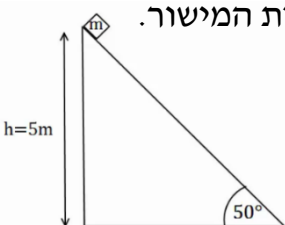
(7) המשך לדוגמא 4

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.

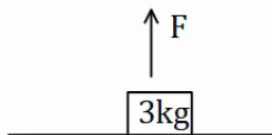


(8) כוח מושך גוף ישר למעלה

כוח $F = 50N$ מושך גוף כלפי מעלה.

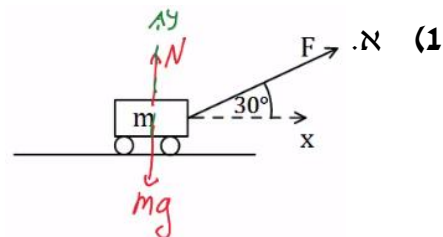
מצא את מהירות הגוף בגובה 8 מטרים מעל הקרקע.

מסת הגוף היא 3 ק"ג.



תשובות סופיות

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



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

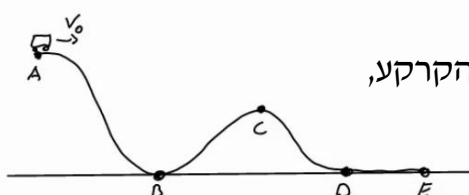
א. $v_p \approx 10.33 \frac{m}{sec}$ ב.

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

שאלות

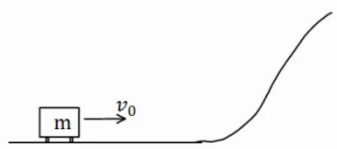
(1) רכבת הרים

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



(2) עגלה עולה על גבעה

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



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

ב. מה תהיה מהירותה כשתגיע חזרה לתחתית?

תשובות סופיות

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

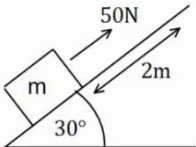
$$v_F = \pm v_0 \quad \text{ב.} \quad h_{\max} = 20\text{m} \quad \text{א.} \quad (2)$$

אנרגיה כללית ומשפט עבודה-אנרגיה

שאלות

(1) כוח מעלה במדרון משופע

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



(2) עוד רכבת הרים

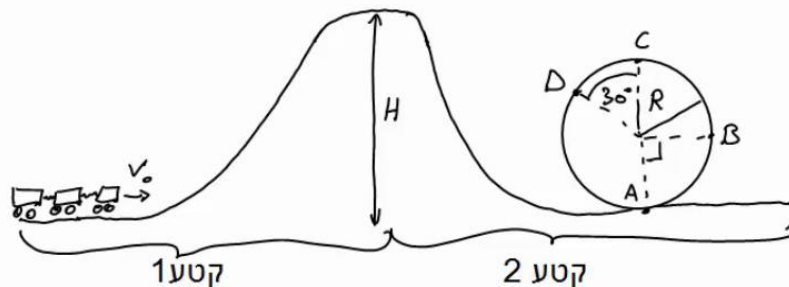
רכבת הרים מתחילה בנסיעה בצדו השמאלי של המסלול באיור. לרכבת מהירות התחלתית נמוכה v_0 .

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

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

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

ב. מצא את מהירות הרכבת בכל הנקודות המצוינות באיור.

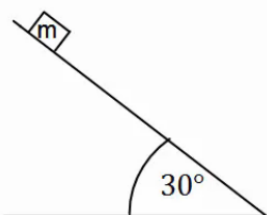


(3) מסה מחליקה במדרון

מסה $m = 4\text{kg}$ מונחת במנוחה בגובה $h = 5\text{m}$ על מדרון משופע. שיפוע המדרון הוא 30° . א. מצא את מהירות המסה בתחתית המדרון אם אין חיכוך בינה למשטח.

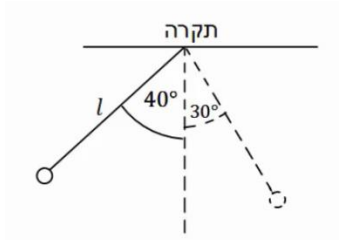
ב. חזור על סעיף א' עבור מקרה בו יש חיכוך קינטי ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

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



(4) מטוטלת

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



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

תשובות סופיות

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

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

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

$$W_T = 0 \quad \text{א.} \quad (4)$$

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

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

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

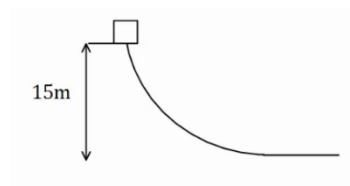
$$v_F \approx 8.08 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.}$$

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

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

עבודת החיכוך והחום

שאלה



(1) 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.

תשובה

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

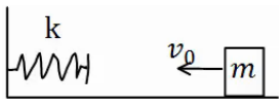
אנרגיה פוטנציאלית אלסטית – קפיץ

שאלות

(1) מסה וקפיץ במישור אופקי

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

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



הקפיץ רפוי לפני פגיעת המסה.

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

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו מגיע הקפיץ?

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

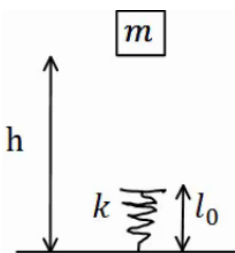
מקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$ והמרחק ההתחלתי של המסה מקצה הקפיץ הוא 0.5m.

(2) מסה נופלת על קפיץ אנכי

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

קפיץ אנכי אידיאלי מחובר לרצפה.

אורכו הרפוי של הקפיץ הוא $\ell_0 = 10\text{cm}$, וקבוע הקפיץ הוא $k = 100 \frac{N}{m}$.



א. מהי מהירות המסה רגע לפי פגיעתה בקפיץ?

ב. מהו הכיוון המקסימלי אליו יגיע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימלי אליו תגיע המסה בחזרה?

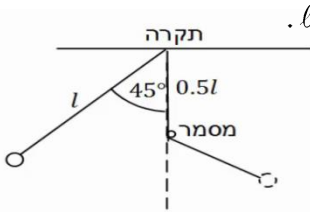
תשובות סופיות

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

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

עבודה ואנרגיה – תרגילים

(1) מטוטלת עם מסמר

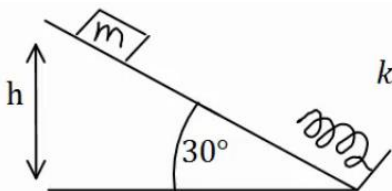


מטוטלת תלויה מהתקרה באמצעות חוט אידיאלי באורך $\ell = 80\text{cm}$. המטוטלת מוסטת לזווית של 45° ומשוחררת ממנוחה. בגובה 0.5ℓ מתחת לנקודת התליה של המטוטלת תקוע מסמר. מצא את הזווית המקסימלית אליה תגיע המטוטלת בצידה השני של התנועה.

(2) גוף מחליק על מישור משופע ונתקע בקפיץ

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

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



ואורך רפוי של 15 ס"מ.

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

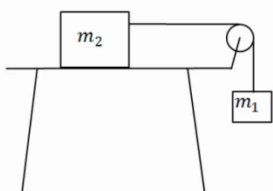
ב. חזור על סעיף א' אם קיים חיכוך בין המשטח למסה, ומקדם החיכוך הקינטי $\mu_k = 0.1$.

הנח שהחיכוך הסטטי אינו חזק מספיק לעצור את המסה.

(3) מסה על שולחן ומסה תלויה

מסה $m_2 = 4\text{kg}$ נמצאת על שולחן ומחוברת דרך חוט וגלגלת אידיאלית למסה

$m_1 = 2\text{kg}$ התלויה באוויר. גובה המסה m_1 מעל הקרקע הוא $h = 2\text{m}$. המערכת מתחילה לנוע ממנוחה.



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

ב. מצא את מהירות המסות כתלות בגובה המסה m_1 .

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

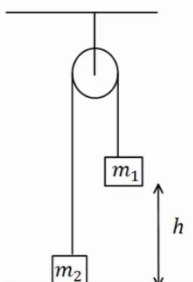
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד כחוס במקרה של סעיף ג'? חשב בשתי צורות.

(4) 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.

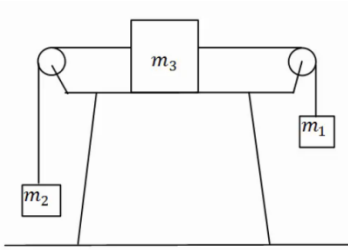


(5) מסה על שולחן ושתי מסות באוויר

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

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

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



(6) שתי מסות תלויות מהתקרה ודחיפה

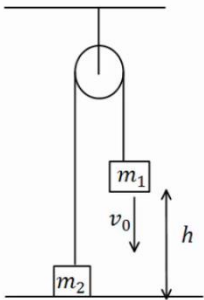
במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

נתון $m_1 < m_2$ והגובה ההתחלתי של m_1 הוא h .

נותנים ל- m_1 מהירות התחלתית כלפי מטה 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 .



(7) שתי מסות תלויות מהתקרה וקפיץ

במערכת הבאה המסות תלויות מהתקרה באמצעות גלגלת אידיאלית.

המסה m_2 מחוברת לרצפה באמצעות קפיץ אידיאלי.

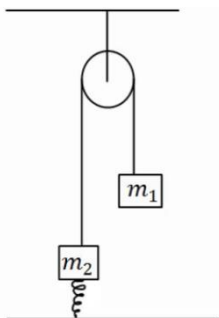
משחררים את המערכת ממנוחה במצב בו הקפיץ רפוי.

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

א. מהי התארכות הקפיץ במצב שיווי משקל?

ב. מהי התארכות המסות במצב שיווי משקל?

ג. מהי ההתארכות המקסימלית של הקפיץ?



(8) גרף של כוח

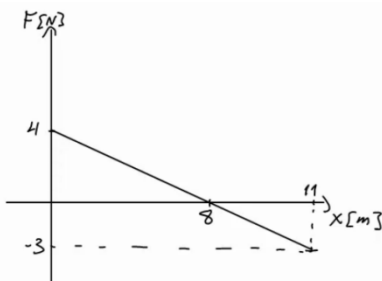
נתון גרף של כוח הפועל על גוף כתלות במיקום.

הכוח הוא הכוח היחיד הפועל על הגוף.

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

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

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



(9) כדור מקפץ מאבד אנרגיה

כדור נופל ממנוחה לרצפה מגובה 3m.

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

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

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

ג. כמה פעמים יפגע הכדור ברצפה עד שגובהו המקסימאלי יהיה קטן מ-80 ס"מ.

(10) 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 המקסימאלי אליו הגיע הכדור?

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

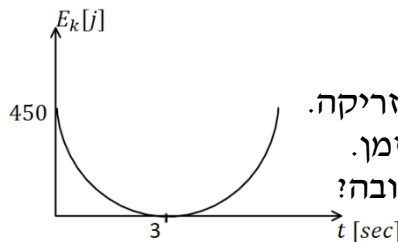
ציין על הגרף מהו הערך המירבי של האנרגיה ומהו הזמן בו חזר הכדור

לקרקע.

ד. חשב את עבודת כוח הכובד :

1. מרגע הזריקה ועד שיא הגובה.

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



(11) גוף מחליק על חצי מעגל ומכווץ קפיץ

גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ משוחרר ממנוחה מקצה של מסילה חסרת חיכוך, בצורת

רבע מעגל ברדיוס $R = 2\text{m}$. בתחתית המסילה הגוף מחליק על מישור אופקי,

שאינו חלק, באורך 1 מטר. מקדם החיכוך הקינטי בין המישור לגוף הוא 0.3.

בקצה הקטע עם החיכוך נמצא קפיץ רפוי; הגוף פוגע בקפיץ ומכווץ אותו לכיוון

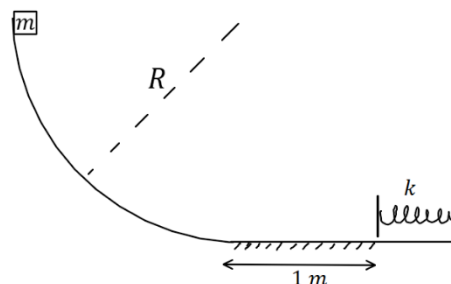
מקסימאלי של 0.1 מטר. החלק עליו נמצא הקפיץ חסר חיכוך.

א. מהי מהירות הגוף ברגע פגיעתו בקפיץ?

ב. מהו קבוע הקפיץ?

ג. מהו הגובה המקסימאלי אליו יגיע הגוף,

כאשר יחזור אל המסילה המעגלית בפעם הראשונה?



תשובות סופיות

$$\theta_{\max} = 65.53^\circ \quad (1)$$

$$(2) \quad \text{א. הכיוון: } x = 6.18 \text{ cm, הגובה: } h_F = 1 \text{ m.}$$

$$\text{ב. הכיוון: } \Delta x = 67 \text{ cm, הגובה: } h_F = 0.999 \text{ m.}$$

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

$$(4) \quad v = \sqrt{\frac{2(m_1 - m_2)gh}{m_1 + m_2}}$$

$$(5) \quad \text{א. } v = \sqrt{6\Delta x} \quad \text{ב. } v = \sqrt{4.8\Delta x}$$

$$(6) \quad \text{א. } h_{\min} = \frac{\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_0^2 + (m_1 - m_2)gh}{(m_1 - m_2)g} \quad \text{ב. } |v_p| = |v_i| = |v_0|$$

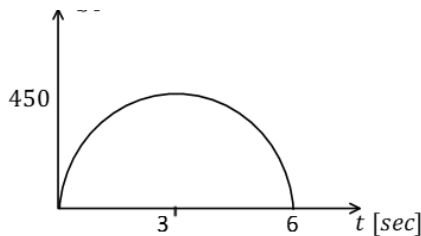
$$(7) \quad \text{א. } x_0 = 2 \text{ m} \quad \text{ב. } v \approx 2.58 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ג. } \Delta x_{\max} = 4 \text{ m}$$

$$(8) \quad \text{א. } v(x=18) = 3.00 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב. } v(x=6) = 4.12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$(9) \quad \text{א. } h_{\max} = 2.76 \text{ m} \quad \text{ב. } h_{\max} = 2.187 \text{ m} \quad \text{ג. } n = 16$$

$$(10) \quad \text{א. } t = 3 \text{ sec}, v_s = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad \text{ב. } 45 \text{ m} \quad \text{ג.}$$

$$\text{ד. } -450 \text{ J} \quad \text{ה. } -300 \text{ J}$$



$$(11) \quad \text{א. } 5.83 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ב. } 6,800 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ג. } 1.4 \text{ m}$$

הספק

שאלות

(1) דוגמה 1

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

(2) דוגמה 2

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

(3) הספק ממוצע לשנות מהירות

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

(4) רכבת צעצוע חשמלית

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



(5) הספק כאשר נתון המיקום כתלות בזמן

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

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

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

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

תשובות סופיות

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

$$p = 11.18 \text{ HP} \quad (2)$$

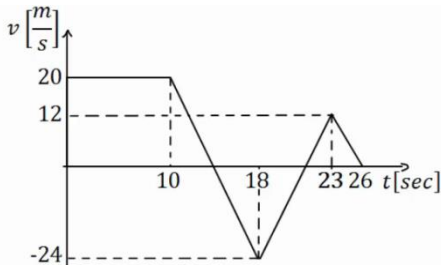
$$F = 2500 \text{ N}, \quad \bar{p} = 16.76 \text{ HP} \quad (3)$$

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

$$p = 97.7 \text{ W} \quad \text{ה.} \quad W_{3 \rightarrow 2} = 1200 \text{ J} \quad \text{ד.}$$

$$W = 144 \text{ J} \quad \text{א.} \quad (5) \quad \text{ב. } p(t=2) = 56 \text{ W}$$

תרגילים לחזרה עד עבודה ואנרגיה כולל



1) תנועה בקו ישר – שאלה עם גרף

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

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

ב. שרטט גרף של תאוצת הגוף כתלות בזמן.

ג. מתי העתק הגוף מקסימלי? ומהו גודלו?

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

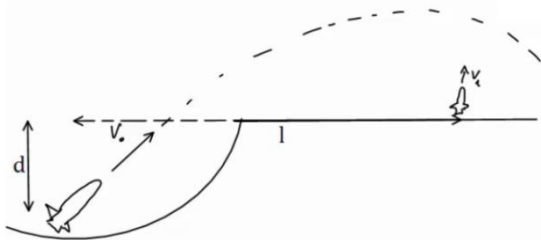
ה. רשום משוואת מהירות – זמן עבור הגוף.

ו. רשום משוואת מיקום – זמן עבור הגוף.

ז. שרטט גרף מיקום – זמן עבור הגוף.

2) תנועה במישור – רקטה ממסתור

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 השנייה.

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

3) אנרגיה וזריקה משופעת – בוכנה עם קפיץ

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.

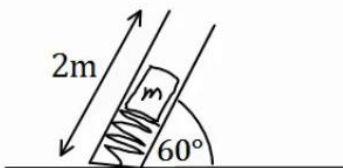
קבוע הקפיץ הוא $k = 200 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

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?



(4) כוח מושך במורד מדרון

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?

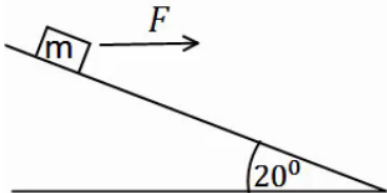
ג. מהי עבודת כוח הכובד באותה הדרך?

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 לשנייה?



(5) חוק שני וחוס

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 גלגל במהלך התנועה ו- m_1 לא פוגעת בקרקע.

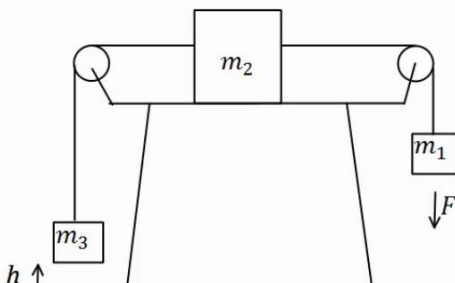
בין m_2 למשטח יש חיכוך ומקדם החיכוך הוא $\mu_k = 0.2$.

א. מהי תאוצת המערכת?

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה m_3 ?

ג. מתי תפגע m_3 ברצפה?

ד. כמה חוס נוצר במהלך כל התנועה?



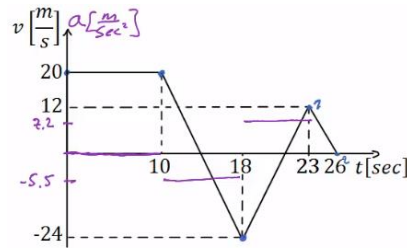
תשובות סופיות:

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

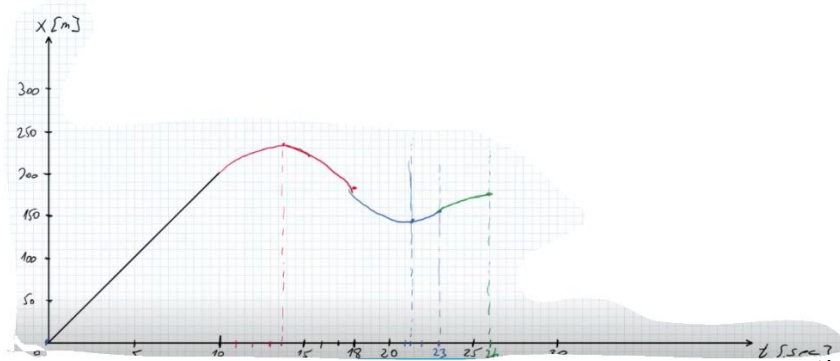
ב. ג. בזמן: $t \approx 13.64$, הגודל: $\Delta x_{max} = 236.4m$

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

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



א. (2) $h = v_1(t_1 - t_0) - \frac{g}{2}(t_1 - t_0)^2$ ב. $h = -d + v_0 \sin \theta \cdot \frac{l}{v_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \left(\frac{l}{v_0 \cos \theta} \right)^2$

א. (3) $v \approx 5.72 \frac{m}{sec}$ ב. $y \approx 2.96m$ ג. $x(t=1.26) \approx 4.6m$

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

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. $v \approx 7.66 \frac{m}{sec}$

א. (5) $a = \frac{4}{3} \frac{m}{sec^2}$ ב. $h_{max} \approx 4.06m$ ג. $t = 4.41sec$ ד. $Q = 30.44j$

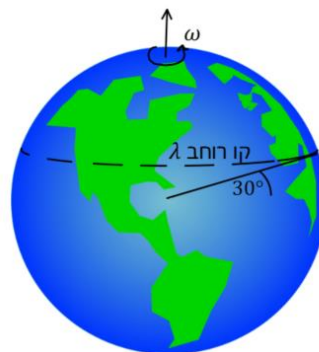
תיאוריה ודוגמאות

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 30° ?

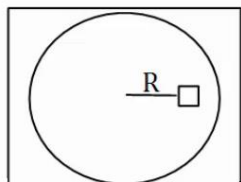


- (3) אבן קשורה לחוט
אבן קשורה לחוט באורך $\ell = 1.5\text{m}$ ומסתובבת במעגל אופקי עם מהירות
זוויתית של $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$.
התעלם מכוח הכובד.
 $m = 2\text{kg}$
א. מהי המהירות הקווית של האבן?
ב. מהי המתח בחוט?

(4) מסה על דיסק



מבט על



מסה M מונחת על דיסק החופשי להסתובב מעל שולחן אופקי. המסה נמצאת במרחק R ממרכז הדיסק ובין המסה למשטח יש חיכוך. מסובבים את הדיסק במהירות זוויתית 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

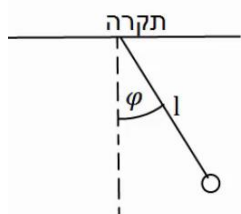
גוף מסתובב במעגל בעל רדיוס $R = 3\text{m}$ במהירות קבועה $v = 6 \frac{m}{s}$.

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 $\ell = 2\text{m}$ תלויה מהתקרה ומסתובבת במעגל אופקי.

זווית החוט עם האנך לתקרה היא $\varphi = 30^\circ$

והיא קבועה במהלך התנועה.

מצא את זמן המחזור ותדירות הסיבוב של המטוטלת,

אם ידוע שהתנועה קצובה.

(7) כדור בלופ (כולל עבודה ואנרגיה)

כדור קטן מאוד מתחיל להתגלגל ממנוחה מגובה $h = 6\text{m}$ ונכנס לתוך מעגל אנכי.

נתון שהכדור משלים סיבוב ואין חיכוך בינו לבין הרצפה.

רדיוס המעגל הוא $R = 2\text{m}$.

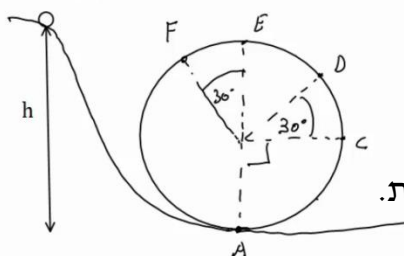
א. מצא את מהירות הכדור בכל הנקודות באיור.

(רמז: שימור אנרגיה).

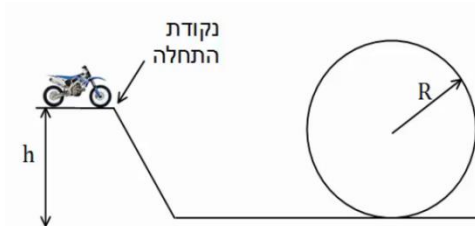
ב. מצא את התאוצה הרדיאלית של הכדור באותן נקודות.

ג. מצא את התאוצה בכיוון המשיק באותן נקודות.

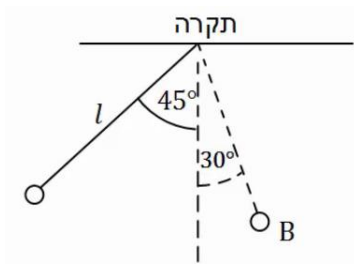
ד. מצא את גודל התאוצה הכוללת באותן נקודות.



- (8) **רוכב אופנוע במעגל אנכי (כולל עבודה ואנרגיה)**
 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: h, R .



- (9) **כוחות במטוטלת (כולל עבודה ואנרגיה)**
 מטוטלת משוחררת ממנוחה מזווית של 45° מעלות.
 אורך החוט הוא ℓ והמסה היא m .
 א. מהי המהירות המסה בתחתית המסלול?
 ב. מהי המתיחות בחוט ברגע זה?
 ג. מהי המהירות המסה בנקודה B הנמצאת
 בזווית 30° מעלות? ומהי המתיחות בחוט באותה נקודה?
 ד. מהי המתיחות בחוט בשיא הגובה וברגע השחרור?



תשובות סופיות

- (1) מחוג שניות: $0.105 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג דקות: $1.75 \cdot 10^{-3} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$, מחוג שעות: $7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$
- (2) א. $7.27 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $465 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ג. $400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- (3) א. $|\vec{v}| = \omega R = 4.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $T \approx 27N$
- (4) א. סטטי. ב. $f_s = M \omega^2 R$ ג. $\omega_{\max} = \sqrt{\frac{\mu_s g}{R}}$
- (5) א. $\omega = 2 \cdot \frac{1}{\text{sec}}$ ב. תדרות: $f \approx 0.32 \cdot \frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T = \pi \text{ sec}$ ג. $t \approx 7.85 \text{ sec}$
- (6) תדירות: $f \approx 0.382 \frac{1}{\text{sec}}$, זמן מחזור: $T = 2.61 \text{ sec}$

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

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

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

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

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

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

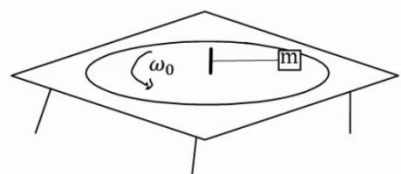
$$\text{ד. בשניהם: } T = mg \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{מתיחות: } T = mg(1.19)$$

תרגילים נוספים

(1) מסה על דיסק קשורה לחוט

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

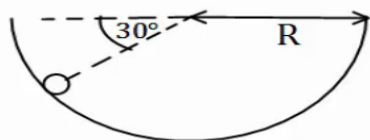
במתקן בלונה פארק ישנה קרוסלה מסתובבת אליה קשורים כבלים עם כסאות, ראה תמונה.

רדיוס "הכתר" הוא $R = 5\text{m}$ אורך כל כבל הוא $\ell = 4\text{m}$. 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.



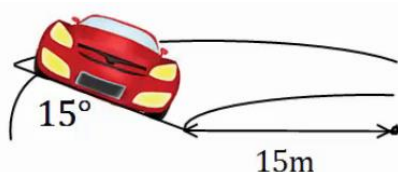
(3) כדור בקערה כדורית

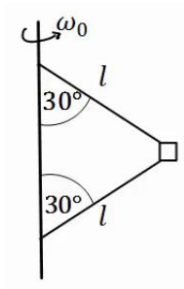
כדור קטן מונח בתוך קערה חצי כדורית בעלת רדיוס R . מניחים את הכדור בזווית של 30° מעלות ביחס לאופק ונותנים לו מהירות התחלתית לתוך הדף. מהו גודל המהירות ההתחלתית הדרוש, כך שהכדור ישאר בתנועה מעגלית בגובה קבוע?



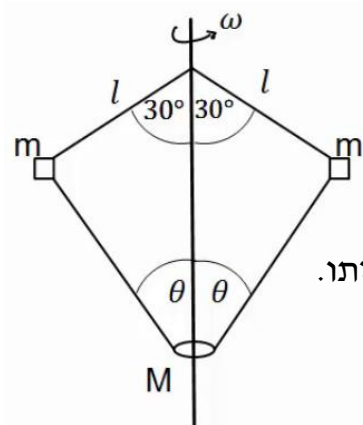
(4) מכונית במחלף

מכונית נוסעת על מחלף משופע. זווית השיפוע של המחלף היא 15° מעלות. רדיוס הסיבוב של המחלף הוא 15m 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 $l = 20cm$.
המסות קשורות גם לחרוז בעל מסה $M = 0.5kg$, באמצעות שני חוטים נוספים באורך לא ידוע.
החרוז חופשי לנוע לאורך המוט.
המוט מסתובב במהירות זוויתית $\omega = 20 \frac{rad}{sec}$ וכל המערכת איתו.
הזוויות של החוטים עם המוט נתונות באיור.
מהי המתיחות בכל חוט ומהי הזווית θ ?

תשובות סופיות

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

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

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

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

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

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

מתקף

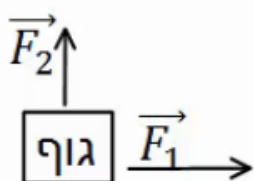
שאלות

(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

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

$$(2) \quad \text{א. } \vec{J}_1 = 1 \cdot \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = 1.5 \cdot \hat{y} \quad \text{ב. } (1, 1.5), \text{ גודל: } |\vec{J}_T| \approx 1.8N \cdot \text{sec}, \text{ כיוון: } \theta \approx 56.31^\circ.$$

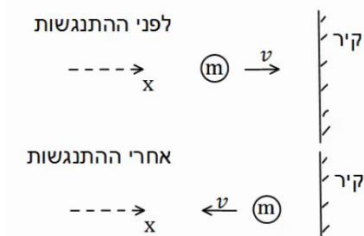
$$\text{ג. } \sum \vec{F} = 2\hat{x} + 3\hat{y}, \text{ גודל: } |\vec{J}_T| \approx 1.8N \cdot \text{sec}.$$

תנע ושימור תנע

(1) כדור מתנגש בקיר

כדור בעל מסה $m = 0.5\text{kg}$ נע במהירות $v = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ 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?

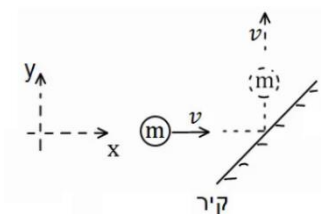
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?

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 $m = 0.2\text{kg}$ נע במהירות $v = 3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ 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?

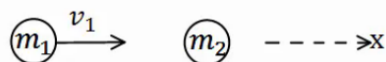
ד. מהו המתקף שהפעיל הקיר על הכדור?

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

ברגע מסוים הכדור פוגע בכדור 2 הנמצא במנוחה.



מסת הכדור השני היא $m_2 = 3\text{kg}$.

לאחר הפגיעה, כדור 1 ממשיך במהירות $u_1 = 5 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ 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:



$$v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad v_2 = 15 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad m_1 = 4\text{kg}, \quad m_2 = 3\text{kg}$$

מהירותו של כדור 2 לאחר ההתנגשות היא $u_2 = 12 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

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

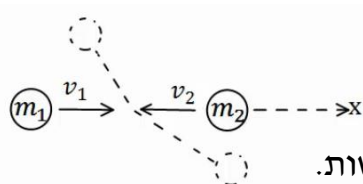
שני כדורים נעים אחד כלפי השני על ציר ה-x.

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

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

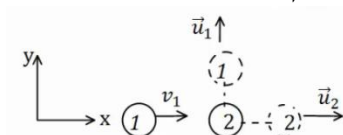
כדור מספר 1 נע במהירות חיובית על ציר ה-x.

ברגע מסוים הוא מתנגש בכדור מספר 2 הנמצא במנוחה.

נתון כי לאחר ההתנגשות מהירותו של כדור 2 היא בכיוון ציר ה-x.

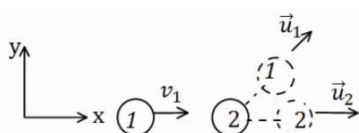
א. האם יתכן כי מהירותו של כדור 1

לאחר ההתנגשות היא רק בכיוון ציר ה-y?



ב. האם יתכן כי מהירותו לאחר ההתנגשות

היא בזווית של 30 מעלות עם ציר ה-x?

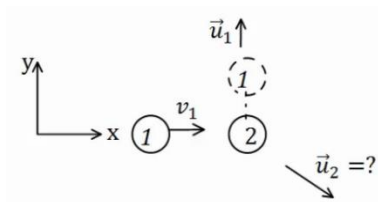


ג. האם יתכן שכדור מספר 1 נע בכיוון החיובי של ציר ה-x לאחר ההתנגשות?

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?

תשובות סופיות

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

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

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

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

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

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

$$\vec{J}_1 = -81\hat{x}N \cdot \text{sec} \quad \text{ג.} \quad u_1 = -10.25 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad \vec{p}_T = -5\hat{x}N \cdot \text{sec} \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$0 \quad \text{ה.} \quad \vec{J}_2 = 81\hat{x}N \cdot \text{sec} \quad \text{ד.}$$

$$\vec{J}_1 = (-14.97, -8.67) \quad \text{ב.} \quad u_1 = 5.78 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$\text{א. לא. ב. לא. ג. כן. ד. כן. ה. לא.} \quad (6)$$

$$\vec{u}_2 = (9, -6) \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad \text{גודל: } |\vec{u}_2| \approx 10.82 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad \text{כיוון: } \theta = 33.69^\circ. \quad \text{ב.} \quad (7)$$

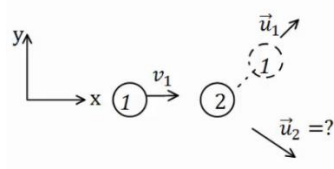
התנגשות אלסטית

(1) התנגשות אלסטית

כדור בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ פוגע בכדור שני הנמצא במנוחה. מהירותו של הכדור

הראשון לפני ההתנגשות היא $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

נתון כי מהירותו של הכדור הראשון לאחר ההתנגשות



היא $u_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 45° מעלות ביחס לכיוון פגיעתו. $u_2 = ?$

מצא את מהירות הכדור השני ומסתו,

אם ידוע שההתנגשות היא אלסטית.

(2) התנגשות אלסטית מצחית

גוף בעל מסה $m_1 = 5\text{kg}$ נע על ציר ה- x ומתנגש בגוף אחר בעל מסה $m_2 = 8\text{kg}$,

הנע על ציר ה- x גם כן.

מהירויות הגופים לפני ההתנגשות הן $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $v_2 = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, בהתאמה.

ידוע שההתנגשות היא פלסטית ומצחית.

מצא את מהירויות הגופים לאחר ההתנגשות.



תשובות סופיות

(1) מסה: $m_2 \approx 1.45\text{kg}$, מהירות: $u_{2x} = 17.86 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $u_{2y} = -9.75 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

(2) $u_2 \approx 16.54 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $u_1 = 1.54 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

התנגשות אלסטית ורתע

שאלות



(1) קליע נתקע בבול עץ

$$v_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

לעבר בול עץ הנמצא במנוחה.

הקליע חודר לבול העץ ונתקע בתוכו.

מסת הקליע היא $m = 20\text{gr}$ ומסת בול העץ היא $M = 5\text{kg}$.

מצא את המהירות המשותפת של הגופים לאחר הפגיעה.



(2) קליע נורה מרובה

כדור נורה מרובה הנמצא במנוחה.

$$u_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ומסת הכדור היא $m = 20\text{gr}$.

מהי המהירות הרובה, אם מסת הרובה היא $M = 3\text{kg}$?

(3) טיל מתפרק

טיל טס באוויר במהירות $v = 540 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בקו ישר, מסת הטיל היא $M = 50\text{kg}$.

ברגע מסוים הטיל מתפוצץ לשני חלקים. מסת החלק הראשון היא $m_1 = 20\text{kg}$.

מצא את מהירות החלק השני במקרים הבאים:

א. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 72 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בכיוון הפוך לכיוון אליו נע הטיל לפני הפיצוץ.

ב. מהירות החלק הראשון היא $u_1 = 360 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ בכיוון 30 מעלות מתחת לכיוון אליו עף הטיל לפני הפיצוץ.

תשובות סופיות

$$u = \frac{2}{5} \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (1)$$

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

$$u_2 = 948 \frac{\text{km}}{\text{hr}} \quad \text{א.} \quad (3) \quad \text{ב.} \quad u_{2x} \approx 192.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{2y} = 33.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

מקרים מיוחדים

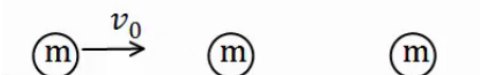
שאלות

(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 ℓ . מסיתים את הכדור השמאלי בזווית של 45° מעלות ומשחררים אותו ממנוחה.

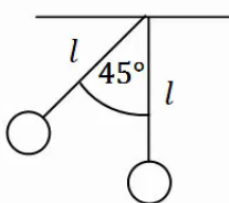
א. מהי מהירותו רגע לפני הפגיעה בכדור הימני?

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.



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. $\theta_{\max} = 45^\circ$.

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

תרגילים נוספים

שאלות

(1) שתי מסות וקפיץ

מסה M נעה במהירות v_0 ומתנגשת במסה M נוספת הנמצאת במנוחה.

המסה הנוספת מחוברת לקפיץ רפוי.

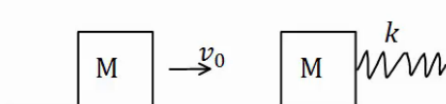
קבוע הקפיץ, המהירות ההתחלתית והמסות נתונים.

מצא את הכיוון המקסימלי, אם:

א. ההתנגשות היא פלסטית.

ב. ההתנגשות אלסטית.

ג. חשב את המתקף שפעל על כל גוף בכל אחד מהמקרים.



(2) איבוד אנרגיה

כדור בעל מסה $m_1 = 2\text{kg}$ ומהירות $v_1 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$,

מתנגש בכדור בעל מסה $m_2 = 3\text{kg}$ הנמצא במנוחה.

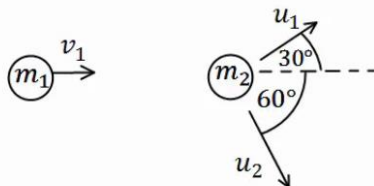
לאחר ההתנגשות, הכדור הראשון נע בכיוון 30° מעלות מעל לכיוון הפגיעה,

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?



(3) פצצה

פצצה בעלת מסה $M = 13\text{kg}$ נעה באוויר במהירות קבועה $v_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

ברגע מסוים הפצצה מתפוצצת לשלושה חלקים קטנים יותר.

מסת החלק הראשון היא $m_1 = 4\text{kg}$ והוא נע במהירות

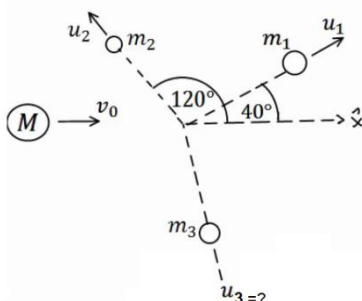
$u_1 = 80 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 40° מעלות ביחס לכיוון המקורי.

מסת החלק השני היא $m_2 = 2\text{kg}$ והוא נע במהירות

$u_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בזווית של 120° מעלות ביחס לכיוון המקורי.

מסת החלק השלישי היא 7kg .

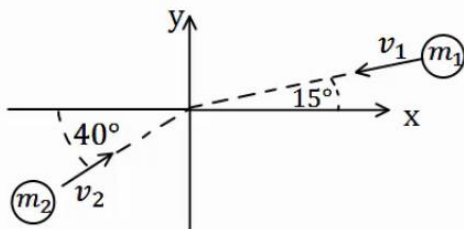
מצא את מהירות החלק השלישי.



(4) שני גופים שני מימדים

שני גופים, בעלי מסות $m_1 = 2\text{kg}$, $m_2 = 3\text{kg}$, נעים לכיוון הראשית.

מהירויות הגופים הן $v_1 = 20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $v_2 = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, 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.

(5) כדור גולף על כדורסל

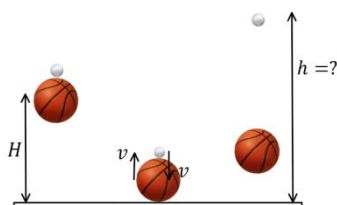
כדור גולף וכדור כדורסל מוחזקים במנוחה אחד מעל השני בגובה $H = 1.5\text{m}$.

משחררים אותם ליפול ממנוחה.

מה יהיה הגובה המרבי אליו יגיע כדור הגולף, אם נניח שכל ההתנגשויות אלסטיות ומצחיות.

מסת כדור הגולף היא $m = 46\text{gr}$,

ומסת הכדורסל היא $M = 624\text{gr}$.



(6) ארגז בתוך קרונית המתנגשת בקיר

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

מסת הקרונית היא $3m$ והיא מתחילה ממנוחה.

מפעילים כוח F קבוע ימינה במשך T שניות.

אין חיכוך בין הקרונית לקרקע. נתון: F , T , m .

א. מהי מהירות הקרונית בתום הזמן T ?

ב. מהו הכוח N שהארגז מפעיל על הדופן השמאלית של הקרונית?

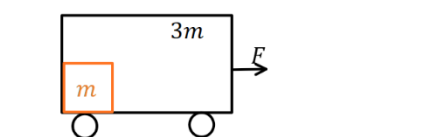
ג. בתום פעולת הכוח הקרונית מתנגשת בקיר התנגשות אלסטית לחלוטין.

הארגז ממשיך את תנועתו מלפני ההתנגשות עד אשר הוא מתנגש בדופן

הימנית של הקרונית התנגשות פלסטית.

מהי מהירות הקרונית לאחר ההתנגשות השנייה בארגז?

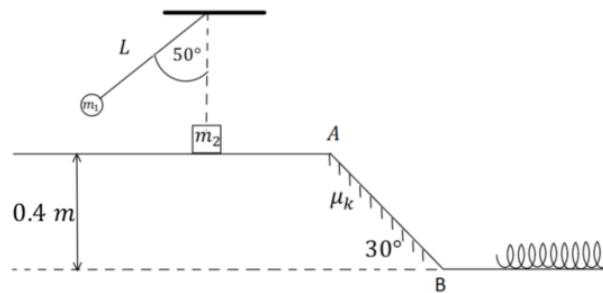
ד. כמה אנרגיה הלכה לאיבוד בהתנגשות הפלסטית של הארגז בדופן הימנית?



(7) תרגיל-מטוטלת פוגעת במסה שנוע במדרון עם קפיץ

גוף בעל מסה $m_1 = 1\text{kg}$ קשור לתקרה באמצעות חוט שאורכו $L = 0.6\text{m}$. מסיטים את החוט בזווית 50° מהאנך לתקרה ומשחררים ממנוחה. בתחתית המסלול של תנועתו מתנגש הגוף בגוף שני, בעל מסה $m_2 = 2\text{kg}$, הנמצא במנוחה על משטח אופקי חלק. גובה המשטח מעל הקרקע הוא 0.4m . מיד לאחר ההתנגשות, גוף 1 מקבל מהירות של $0.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ 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 $k = 200 \frac{\text{N}}{\text{m}}$.

- מהי המהירות של גוף 1 רגע לפני ההתנגשות?
- מהי המהירות של גוף 2 מיד לאחר ההתנגשות?
- מהי המהירות של גוף 2 בנקודה B?
- מהי ההתכווצות המקסימאלית של הקפיץ?
- מהי המהירות של גוף 2 כאשר הקפיץ מכווץ בחצי מהכיוון המקסימאלי?



תשובות סופיות

$$\Delta x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} v_0^2 \quad \text{ב.} \quad \Delta x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k} \cdot \frac{1}{2}} v_0^2 \quad \text{א.} \quad (1)$$

$$\vec{J}_1 = -mv_0 \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = mv_0 \hat{x} \quad \text{(ב)}, \quad \vec{J}_1 = -\frac{1}{2}mv_0 \hat{x}, \quad \vec{J}_2 = \frac{1}{2}mv_0 \hat{x} \quad \text{(א)}. \quad \text{ג.}$$

$$Q = 8.27 \text{ J} \quad \text{לא, ב.} \quad u_1 = 8.66 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 3.34 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$u_{3x} \approx 152 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{3y} \approx -32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad (3)$$

$$u_x \approx -3.13 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_y \approx 1.79 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad \text{ב.} \quad (4)$$

$$u_{1x} \approx -7.83 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_{1y} \approx -15.20 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 13.11 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$h \approx 12.3 \text{ m} \quad (5)$$

$$E = \frac{3F^2 T^2}{32m} \quad \text{ז.} \quad \tilde{u} = \frac{FT}{8m} \quad \text{ג.} \quad N = \frac{F}{4} \quad \text{ב.} \quad v(T) = \frac{F}{4m} T \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$5.68 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ה.} \quad 8.14 \text{ cm} \quad \text{ז.} \quad 2.85 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ג.} \quad 1.24 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ב.} \quad 2.07 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{א.} \quad (7)$$

תנועה הרמונית

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 $L = 6m$.
- חשב את זמן המחזור של התנועה.
 - 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} .
 - 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.

2) לחישוב המיקום

- גוף מחובר לקפיץ אופקי המחובר בצידו השני לקיר. הגוף נע הלוך וחזור על שולחן אופקי חסר חיכוך. דפנה מסתכלת על הגוף המתנדנד ומודדת את המרחק בין שתי הקצוות של התנועה.
- מהי אמפליטודת התנועה אם המרחק שמדדה דפנה הוא $0.4m$?
 - ברגע מסויים, שהגוף מגיע למרחק המקסימאלי מהקיר, מפעילה דפנה סטופר המתחיל למדוד את הזמן מאפס. דפנה סופרת כל פעם שהגוף חוזר לנקודה שבה התחילה למדוד. דפנה ראתה כי לאחר 5 שניות הגוף הגיע בפעם העשירית בדיוק לנקודת ההתחלה.
 - מהו זמן המחזור של התנועה?
 - מהי התדירות והתדירות הזוויתית של התנועה?
 - קבע את ראשית הצירים במרכז התנועה של הגוף, ורשום משוואה המתארת את מיקום הגוף ביחס לראשית, כתלות בזמן שמראה הסטופר של דפנה.

3) מציאת מיקום לפי הזמן

- 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.
- מהם התדירות וזמן המחזור של התנועה?
 - מהי האמפליטודה של התנועה?
 - רשום נוסחה המתארת את מיקום המסה כתלות בזמן.
 - מהו מיקום המסה ב- $t_1 = 0.4sec$?

(4) מציאת הזמן מהמיקום

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

(5) חישוב מהירות

- גוף בעל מסה $m = 0.5\text{kg}$ 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 המהירות הגוף ב $t = 2\text{sec}$, ומהי האנרגיה הקינטית שלו באותו הרגע?

(6) חישובי פאזה

- דני רואה גוף מתנדנד בתנועה הרמונית בתדירות זוויתית $\omega = 3 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ובמשרעת $A = 0.2\text{m}$.
 דני התחיל למדוד את הזמן מהרגע בו הגוף נמצא בקצה השלילי.
 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?

(7) חישוב הפאזה מתנאי התחלה

- גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ 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- $x(t=0) = 0.2\text{m}$, ובמהירות $v = 6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון השלילי.
 ג. רשום את נוסחאות המיקום והמהירות כתלות בזמן.
 ד. חזור על סעיף ב' אם המיקום ההתחלתי הוא בנקודת שיווי המשקל.

(8) מסה מתנגשת במסה המחוברת לקפיץ

- מסה $m = 3\text{kg}$ 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 $(x(t=0), v(t=0))$?
- ג. מצא את המיקום כתלות בזמן של המסות מהרגע לאחר ההתנגשות.

(9) קפיץ אנכי ותוספת מסה

- גוף בעל מסה $m = 1\text{kg}$ תלוי מהתקרה באמצעות קפיץ אנכי בעל קבוע $k = 50 \frac{N}{m}$ ואורך רפוי $l_0 = 30\text{cm}$.
- א. מצא את המרחק של נקודת שיווי המשקל מהתקרה.
- ב. מעמיסים על הקפיץ מסה נוספת $m = 2\text{kg}$ המחוברת למסה הראשונה, מה תהיה נקודת שיווי המשקל החדשה?
- כעת נניח כי מושכים את המסה הכוללת מנקודת שיווי המשקל כלפי מטה מרחק של $d = 8\text{cm}$ ומשחררים אותה ממנוחה.
- ג. מה תדירות התנועה של המסה?
- ד. מצא את המיקום כתלות בזמן אם הכיוון החיובי של הציר האנכי הוא כלפי מטה.
- ה. חזור על סעיף ד, אם הכיוון החיובי של הציר הוא כלפי מעלה.

(10) מסה משוחררת מנקודת רפיון

- מסה $m = 30\text{gr}$ 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.

11) תוספת של כוח קבוע

- גוף בעל מסה $m = 0.2\text{kg}$ 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 $F = 0.1\text{N}$.
- מצא את נקודת שיווי המשקל החדשה.
 - מהי תדירות התנועה?
 - מהם תנאי ההתחלה של הבעיה?
 - מצא את המיקום כתלות בזמן.

12) כוח מפסיק בפתאומיות

- גוף מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 5 \frac{N}{m}$.
 הגוף נצפה מתנדנד בתנועה הרמונית באמפליטודה $A = 0.3\text{m}$.
 ידוע שעל הגוף פועל כוח קבוע $F = 2\text{N}$ בכיוון החיובי.
- מצא היכן תהיה נקודת שיווי המשקל, במידה והכוח יפסיק לפעול בפתאומיות.
 - מצא מה תהיה אמפליטודת התנועה במידה והכוח יפסיק לפעול, ברגע שהגוף נמצא בקצה החיובי של התנועה.
 - חזור על סעיף ב' עבור הקצה השלילי.
 - חזור על סעיף ב' אם הכוח הפסיק כאשר הגוף במרכז התנועה, ומהירותו ברגע זה היא $2 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

13) חישובי אנרגיה

- מסה $m = 2\text{kg}$ מחוברת לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 50 \frac{N}{m}$.
 מושכים את המסה מרחק $d = 0.2\text{m}$ מנקודת שיווי המשקל, ומשחררים אותה ממנוחה.
- רשום את מיקום המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
 - רשום את מהירות המסה כתלות בזמן מרגע השחרור.
 - חשב את מיקום ומהירות המסה ברגעים $t = 0, 1, 2\text{sec}$.
 - חשב את האנרגיה הקינטית, האנרגיה הפוטנציאלית והאנרגיה הכללית של המסה, בכל אחד מן הרגעים. הראה כי האנרגיה הכללית נשמרת.

14) חישוב אורך חוט

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

15) תרגיל 1

- גוף בעל מסה $m = 20\text{gr}$ 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 $d = 10\text{cm}$.
- מהי האפליטודה של התנועה?
 - מהי התדירות הזוויתית?
 - מהו זמן המחזור?
 - רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן, אם הזמן נמדד מהרגע בו הגוף היה בקצה החיובי.
 - רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.

16) תרגיל 2

- גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע $k = 4 \frac{N}{m}$, וחופשי לנוע ללא חיכוך. מושכים את הגוף מנקודת שיווי המשקל למרחק של $d = 0.2\text{m}$ ומשחררים ממנוחה.
- מהי התדירות הזוויתית?
 - מהו זמן המחזור?
 - מהי האפליטודה של התנועה?
 - מהו מיקום הגוף כתלות בזמן מרגע השחרור?
 - רשום נוסחה למהירות הגוף כתלות בזמן.
 - חזור על כל הסעיפים עבור המקרה בו ברגע השחרור הגוף מקבל דחיפה קטנה המקנה לו מהירות התחלתית $v_0 = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.

17) תרגיל 3

- הגרף הבא מתאר את מיקומו כתלות בזמן של גוף הנע בתנועה הרמונית פשוטה.
- מהי אמפליטודת התנועה?
 - מהו זמן המחזור?
 - מהי התדירות הזוויתית?
 - מהי הפאזה?
 - רשום נוסחה למהירות כתלות בזמן.

18) תרגיל 4

- גוף בעל מס $m = 1\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 3 \frac{N}{m}$.
 הגוף משוחרר ממנוחה במרחק $d = 0.3\text{m}$ מנקודת שיווי המשקל.
 א. רשום נוסחה למיקום הגוף כתלות בזמן.
 ב. מצא את מיקום הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.
 ג. מהי מהירות הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.
 ד. מהי תאוצת הגוף ב- $t = 3\text{sec}$.

19) 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- $t = 1\text{sec}$ מקסימאלית?
 ג. האם ב- $t = 1.5\text{sec}$ האנרגיה קינטית מרבית?
 ד. מהו הכוח ב- $t = 2.5\text{sec}$?
 ה. כמה מחזורי תנועה עשה הגוף ב-4 השניות הראשונות של התנועה?

20) תרגיל 6

- בגרף הבא נתונה התאוצה של גוף כתלות במיקום של הגוף.
 מסת הגוף היא $m = 20\text{g}$.
 א. האם התנועה היא תנועה הרמונית? נמק.
 ב. מהו קבוע הקפיץ?
 ג. מהי אמפליטודת התנועה?

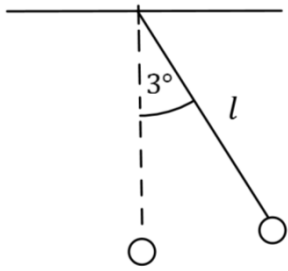
21) תרגיל 7

- גוף בעל מסה $m = 2\text{kg}$ מחובר לקפיץ אופקי בעל קבוע קפיץ $k = 40 \frac{N}{m}$.
 ב- $t = 0$ מיקום ומהירות הגוף הם: $x = 20\text{cm}$, $v = 0.4 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
 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 $0.1 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ בכיוון החיובי?
 ד. מהי התאוצה המקסימאלית של הגוף?

22) תרגיל 8

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

- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה?
- כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לנקודת שיווי המשקל?
- מהי מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל?

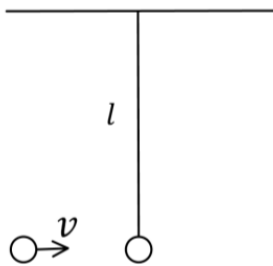


בנקודת שיווי המשקל מונחת מסה נוספת $m = 25\text{gr}$, הנמצאת במנוחה. מסת המטוטלת מתנגשת במסה הנוספת התנגשות פלסטית.

- מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
- מהי התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות?
- מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת לאחר ההתנגשות?

23) תרגיל 9

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



מסה $m = 25\text{gr}$ נעה אופקית במהירות $v = 0.6 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$,

ומתנגשת במסת המטוטלת התנגשות פלסטית.

- מה תהיה התדירות הזוויתית של התנועה לאחר ההתנגשות, בהנחה שהתנודות קטנות.
- כמה זמן ייקח למטוטלת להגיע לשיא הגובה?
- מהי מהירות הגופים מיד לאחר ההתנגשות?
- מהי הזווית המקסימאלית אליה תגיע המטוטלת?

24) מסה עם קפיצים משני הצדדים

לשני צדדיה של מסה m מחוברים שני קפיצים

שקבועי הכוח שלהם הם k_1, k_2 .

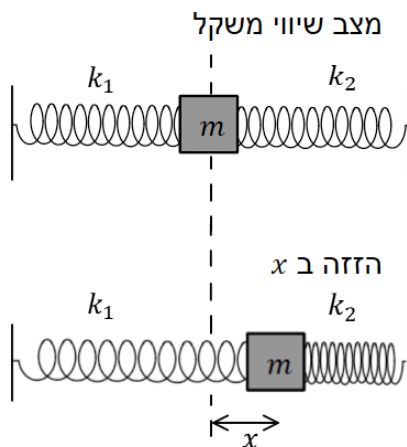
הגוף נמצא על משטח חלק.

מזיזים את הגוף ימינה מרחק x .

א. הראה כי כאשר מרפים ממנו הוא ינוע בתנועה

הרמונית פשוטה שקבועה הוא $k_1 + k_2$.

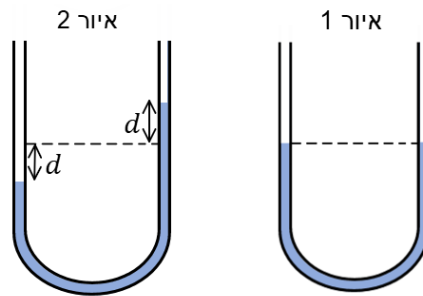
ב. מהו זמן המחזור של התנועה?



25) 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.

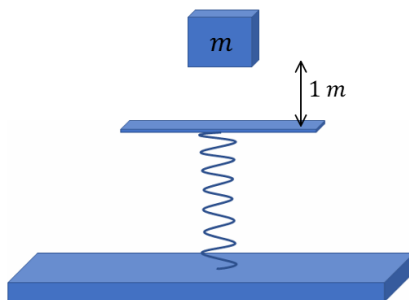
ג. בהנחה כי $x \ll L$, הראה כי זמן המחזור של התנודה הוא: $T = \pi \sqrt{\frac{2L}{g}}$.



26) מסה נופלת על קפיץ אנכי

קפיץ אנכי מחובר לקרקע מצדו האחד, וללוח אופקי בצדו השני.
קבוע הקפיץ הוא 400 N/m .

מסה של $m = 2 \text{ kg}$ משוחררת ממנוחה מגובה של מטר אחד מעל הלוח.
המסה נופלת נפילה חופשית ונדבקת ללוח.
מסת הלוח והקפיץ ניתנות להזנחה.



א. מהי ההתכווצות המרבית של הקפיץ?

ב. מהי תדירות תנודות המשקולת?

ג. מהי משרעת התנודות?

תשובות סופיות:

(1) א. $T = 6 \text{ sec}$ ב. $\tilde{T} = 4 \text{ sec}$ ג. הסבר בוידאו.

(2) 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. $x(t) = 0.2 \cos(12.57 \cdot t)$

(3) 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. $x(t_1) \approx 0.22 \text{ m}$

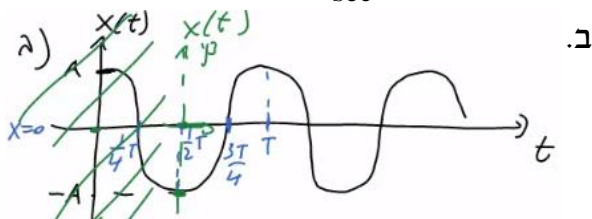
(4) א. $x(t) = 0.15 \cos(3.87 \cdot t)$ ב. $x(t_2) = -0.01 \text{ m}$, $x(t_1) \approx 0.06$

ג. שיווי משקל: $t_3 \approx 0.41 \text{ sec}$, הקצה השני: $t_4 \approx 0.82 \text{ sec}$

ד. $\tilde{t}_1 \approx 0.27 \text{ sec}$, $\tilde{t}_2 \approx 1.35 \text{ sec}$

(5) א. $A = 0.4 \text{ m}$, $\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $|v_{\max}| = 0.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

ג. $v(t) = -0.8 \cdot \sin(2 \cdot t) \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. $v(t=2) \approx 0.61 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, $E_k \approx 0.09 \text{ J}$



(6) א. $x(t) = 0.2 \cos(3 \cdot t + \pi)$

ג. $t_0 = 1.57 \text{ sec}$

(7) 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. $A \approx 4.24 \text{ m}$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$

(8) 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. $x(t) = 4.90 \cos\left(\sqrt{\frac{3}{2}} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$

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

ה. $y(t) = 0.08 \cos(4.08 \cdot t + \pi)$

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

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

ד. $x(t) = 0.025(4.47 \cdot t + \pi)$

$$\tilde{A} = 0.1 \text{ ג.} \quad \tilde{A} = 0.7\text{m} \text{ ב.} \quad x_0 = -0.4\text{m} \text{ א.} \quad (12)$$

$$v(t) = 1 \cdot \sin(5 \cdot t) \text{ ב.} \quad x(t) = 0.2 \cos(5 \cdot t) \text{ א.} \quad (13)$$

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

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

$$t=0: E_k=0, \quad U=1; \quad t=1: E_k=0.922j, \\ U=0.081j; \quad t=2: E_k=0.296j, \quad U=0.706j \quad \text{ד.}$$

$$l \approx 0.25\text{m} \quad (14)$$

$$T \approx 0.444\text{sec} \text{ ג.} \quad \omega \approx 14.14 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ ב.} \quad A = 0.05\text{m} \text{ א.} \quad (15)$$

$$v(t) = -0.707 \cdot \sin(14.14 \cdot t) \text{ ה.} \quad x(t) = 0.05 \cdot \cos(14.14 \cdot t) \text{ ו.}$$

$$A = 0.2\text{m} \text{ ג.} \quad T \approx 4.44\text{sec} \text{ ב.} \quad \omega = 1.41 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ א.} \quad (16)$$

$$v(t) = -0.282 \cdot \sin(1.41 \cdot t) \text{ ה.} \quad x(t) = 0.2 \cdot \cos(1.41 \cdot t) \text{ ו.}$$

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

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

$$\varphi = 0 \text{ ד.} \quad \omega \approx 0.898 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ ג.} \quad T = 7\text{sec} \text{ ב.} \quad A = 2\text{m} \text{ א.} \quad (17)$$

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

$$v(t=3) \approx -0.46 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \text{ ג.} \quad x(t=3) \approx 0.14\text{m} \text{ ב.} \quad x(t) = 0.3 \cos(\sqrt{3} \cdot t) \text{ א.} \quad (18)$$

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

$$2 \text{ ה.} \quad 0 \text{ ד.} \quad \text{ג. כן.} \quad \text{ב. כן.} \quad t = 0.5\text{sec} \text{ א.} \quad (19)$$

$$A \approx 3\text{m} \text{ ג.} \quad k = 0.008 \frac{\text{N}}{\text{m}} \text{ ב.} \quad \text{א. כן.} \quad (20)$$

$$t_1 \approx 0.07\text{sec} \text{ ג.} \quad t_1 = 0.5\text{sec} \text{ ב.} \quad x(t) = 0.22 \cos(\sqrt{20} \cdot t - 0.42) \text{ א.} \quad (21)$$

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

$$u = 0.131 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \text{ ד.} \quad v_{\max} = 0.165 \text{ ג.} \quad t \approx 0.5\text{sec} \text{ ב.} \quad \omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ א.} \quad (22)$$

$$\theta \approx 2.35^\circ \text{ ז.} \quad \omega = \sqrt{10} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ ה.}$$

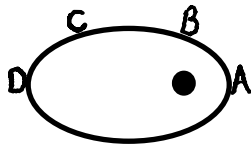
$$\theta = 5.12^\circ \text{ ד.} \quad u = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \text{ ג.} \quad t \approx 0.35\text{sec} \text{ ב.} \quad \omega = \sqrt{20} \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \text{ א.} \quad (23)$$

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

(25) א. תנועת הנוזל היא תנועה מחזורית כאשר כל צד יעלה וירד גובה d לסירוגין.
ב. הוכחה. ג. הוכחה.

(26) א. $Dx_{\max} = 0.37\text{m}$ ב. $f = 2.25 \frac{1}{\text{sec}}$ ג. $A \approx 0.3199\text{m}$

כבידה



(1) קפלר חוק שני

כוכב לכת מוקף שמש רחוקה במסלול אליפטי.
באיזה נקודה מהירות הגוף הכי גדולה ובאיזה הכי קטנה?
נמק תשובתך בעזרת החוק השני של קפלר.

(2) החוק השלישי של קפלר

לצדק יש ארבעה ירחים. שני הקרובים אליו הם Io ו-Europa.
זמן המחזור של Io הוא 1.77 ימים, ורדיוס הקפתו הממוצע את צדק הוא 422,000 ק"מ.
רדיוס ההקפה הממוצע של Europa סביב צדק הוא 671,000 ק"מ.
א. מהו זמן המחזור של Europa?
ב. האם ניתן בעזרת החוק השלישי של קפלר ונתוני שאלה זו למצוא את זמן המחזור של הירח סביב כדור הארץ, אם רדיוס הקפתו הממוצע הוא 384,000 ק"מ? נמקו.

(3) חוק הכבידה

מסת כדור הארץ היא $5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. מסת הירח היא $7.3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$.
המרחק ביניהם הוא 384,000 ק"מ.
א. מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הירח?
ב. מהי תאוצת הירח?
ג. מה הכוח שהירח מפעיל על כדור הארץ?
ד. מהי תאוצת כדור הארץ?

(4) חוק הכבידה 2

2 בני אדם עומדים במרחק 1 מטר זה מזה. מסת הראשון 60 ק"ג ומסת השני 70 ק"ג.
מה כוח הכבידה שפועל ביניהם, ומה התאוצה של הרזה?

(5) חוק הכבידה 3

תפוח שמסתו 200 גרם נעזב מעל פני כדור הארץ.
מה הכוח שירגיש ומה תאוצתו?

(6) תנועה לוויינים 1

לוויין שמסתו 100kg מקיף את כדור הארץ בגובה 3,620km.
א. מה מהירותו (בהנחה שמסלולו מעגלי)?
ב. מה יהיה זמן המחזור שלו?
ג. מה תאוצת הלוויין בנקודה בה הוא נמצא?
ד. כמה סיבובים משלים לוויין זה בזמן שכדור הארץ משלים סיבוב אחד?

(7) תנועת לוויינים 2

- על כוכב בעל רדיוס של $R = 5,000 \text{ km}$ וצפיפותו הממוצעת $\rho = 5 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ חיים חייזרים, שרוצים לשגר לוין שמסתו $m = 200 \text{ kg}$, כך שיקיפו בזמן מחזור של 20 שעות.
- מה תהיה המהירות הזוויתית של לוויין זה?
 - מה יהיה רדיוס הקפתו?
 - מה תהיה תאוצת הלוויין בגובה בו הוא נמצא?
 - מה תהיה תאוצת הנפילה החופשית בגובה בו הלוויין נמצא?
 - מה תאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב זה?

(8) תנועת לוויינים 3

- לוויין ריגול הוא לוויין שנמצא בכל רגע מעל אותה נקודה על פני כדור הארץ (כדי לצלם נקודה זו). מסלול של לוויין שנמצא כל הזמן מעל אותה נקודה בקרקע נקרא מסלול גיאוסטציונרי.
- איך זה אפשרי?
 - מה גובה לוויין זה מעל פני הקרקע?
 - מה מהירותו?
 - הסבירו מדוע מסלול כזה אפשרי רק מעל קו המשווה.

(9) חוסר משקל



- בתוך החללית תלויה משקולת, שמסתה 2 kg , על חוט. מה תהיה המתיחות בחוט בכל שלב:
- במנוחה על כדור הארץ.
 - מאיצה לעבר החלל החיצון ב- $a = 2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$.
 - נעצרת בגובה $h = 10,000 \text{ km}$.
 - נכנסת למסלול מעגלי בגובה זה.

(10) שדה כבידה

כדור הארץ ולוויין שמסתו 100 kg נמצאים במרחק $20,000 \text{ km}$ אחד מהשני (מרכז כדור הארץ ממרכז הלוויין).



- מה הכוח שמפעיל כדור הארץ על הלוויין?
- מה שדה הכבידה שיוצר כדור הארץ במקום בו הלוויין נמצא? ומה משמעות מספר זה?
- מה הכוח שמפעיל הלוויין על כדור הארץ?
- מה שדה הכבידה שיוצר הלוויין במקום בו נמצא (מרכז) כדור הארץ?

11) אנרגיה כבידתית

עקב תקלה, לוויין שמקיף את כדור הארץ ברדיוס של 10,000km נעצר רגעית, ואז מתחיל ליפול אל כדור הארץ.

א. מה תהיה מהירותו בגובה 1,000km מעל פני הקרקע?

ב. באיזה מהירות יפגע בקרקע?

(תזניחו חיכוך עם האטמוספירה או התנגדות אוויר ; כאילו רק כוח הכבידה פועל פה)

12) אנרגיה לוויינים

לוויין שמסתו 20kg מקיף את כדור הארץ כל 90 דקות.

א. מה רדיוס הקפתו?

ב. מה האנרגיה המכנית שלו?

ג. מה האנרגיה הפוטנציאלית כבידתית שלו?

ד. מה האנרגיה הקינטית שלו?

ה. רוצים להעבירו למסלול מעגלי אחר ברדיוס של 9,000km , כמה אנרגיה

יש להשקיע לשם כך?

13) אנרגיית לוויינים 2

טיל שמסתו 100kg נורה מפני כדור הארץ במהירות $v_0 = 8000 \frac{m}{sec}$.

א. מה תהיה מהירותו בגובה 1,000km ? (נזניח את התנגדות האוויר)

ב. לאיזה מרחק מקסימאלי מכדור הארץ הוא יגיע?

ג. במקרה אחר אנחנו רוצים לקחת טיל זהה ולהכניסו למסלול מעגלי סביב

כדור הארץ ברדיוס שמצאנו בסעיף ב'. כמה אנרגיה יש להעניק לטיל לשם כך?

14) מהירות מילוט

א. מצא את מהירות המילוט מפני כדור הארץ.

ב. מצא את מהירות המילוט מפני הירח.

תשובות סופיות:

(1) הכי גדולה: A, הכי קטנה: D.

(2) א. $T_2 = 3.54 \text{ days}$ ב. לא.

(3) א. $F = 1.97 \cdot 10^{20} \text{ N}$ ב. $a_{\text{Moon}} = 2.7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ג. כוח זהה לסעיף א' – בכיוון ההפוך. ד. $a_{\text{Earth}} = 3.3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(4) $F = 2.8 \cdot 10^{-7} \text{ N}$, $a = 4.67 \cdot 10^{-9} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(5) $F = 1.96 \text{ N}$, $a = 9.8 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(6) א. $v = 6310 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ב. $T = 2.77 \text{ hr}$ ג. $a = 3.98 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. $n = 8 \frac{2}{3}$

(7) א. $8.72 \cdot 10^{-5} \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ ב. $r = 2.84 \cdot 10^7 \text{ m}$ ג. $a_s = 0.216 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ ד. $a_s = 0.216 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

ה. $6.99 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$

(8) א. ראו בוידאו. ב. $h = 3.58 \cdot 10^7 \text{ m}$ ג. $v = 3070 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ ד. ראו בוידאו.

(9) א. $T = 20 \text{ N}$ ב. $T = 24 \text{ N}$ ג. $T = 2.97 \text{ N}$ ד. $T = 0$

(10) א. $F_G = 99.5 \text{ N}$ ב. $g = 0.995 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ג. כמו בסעיף א. ד. $g = 1.67 \cdot 10^{-23} \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

(11) א. $v_A = 5,330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ב. $v_B = 6,725 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(12) א. $r = 6.65 \cdot 10^6 \text{ m}$ ב. $E = 1.2 \cdot 10^9 \text{ J}$ ג. $U = -2.4 \cdot 10^9 \text{ J}$ ד. $E = 1.2 \cdot 10^9 \text{ J}$
ה. $\Delta E = 3.15 \cdot 10^8 \text{ J}$

(13) א. $V_A = 6,860 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ב. $r_f = 1.31 \cdot 10^7 \text{ m}$ ג. $\Delta E = 4.72 \cdot 10^9 \text{ J}$

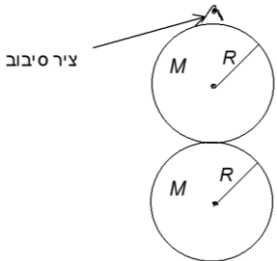
(14) א. $v_{\text{Earth}} = 11,200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ב. $v_{\text{Moon}} = 2,360 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

אדיטיביות

שאלות:

1) אדיטיביות – דוגמה

לדסקה בעלת מסה M ורדיוס R מחברים דסקה נוספת, זהה, בקצה התחתון של הדסקה. מצא את מומנט ההתמד של המערכת סביב ציר, המאונך למישור הדסקה והעובר בקצה העליון של הדסקה (הראשונה).



תשובות סופיות:

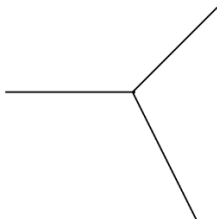
$$I = 11mR^2 \quad (1)$$

תרגילים שונים לחישוב מומנט התמד

שאלות:

1) שלושה מוטות מחוברים בקצה

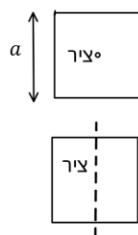
שלושה מוטות זהים באורך l ומסה m כל אחד, מחוברים באופן המוצג באיור. מצא את מומנט ההתמד של המערכת סביב ציר, הנמצא בנקודת החיבור בין המוטות ובמאונך למישור.



2) תרגיל- מסגרת ריבועית

נתונה מסגרת ריבועית בעלת אורך צלע a ומסה M . מצא את מומנט ההתמד של המסגרת:

- סביב ציר העובר במרכז במרכז ובמאונך למישור המסגרת.
- סביב ציר העובר במרכז המסגרת ודרך מרכז שתי צלעות ומקביל לשתי הצלעות האחרות.



סעיף א

סעיף ב

(3) מומנט ההתמד של שער חשמלי

מצא את מומנט ההתמד של שער חשמלי, בעל מסה m ואורך l , אשר בסופו מחוברת משקולת בעלת מסה M ואורך L , המסתובב סביב מרכז המסה שלו.



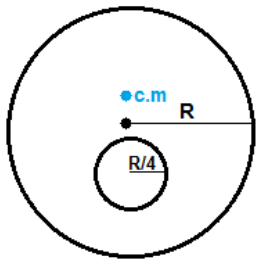
(4) מומנט ההתמד של ריש

מצא את מומנט ההתמד של הגוף שבשרטוט סביב מרכז המסה שלו בשתי דרכים שונות. אורך כל מוט l ומסתו m .



(5) דיסקה עם חור

- א. מצא את מומנט ההתמד של דיסקה בעלת מסה M ורדיוס R , אם ידוע כי במרחק חצי R ממרכז הדיסקה קדחו חור ברדיוס רבע R .
הדיסקה מסתובבת סביב ציר במרכזה (ולא במרכז המסה של המערכת).
ב. מצא את מומנט ההתמד של הגוף סביב מרכז המסה שלו.



תשובות סופיות:

(1) $I = ml^2 \text{ cm}$

(2) א. $I = \frac{M}{4} \left(\frac{l^2}{3} + a^2 \right)$ ב. $I = \frac{M}{8} \left(a^2 + \frac{l^2}{3} \right)$

(3) ראו בוידאו.

(4) $I = \frac{5}{12} ml^2 \text{ cm}$

(5)

אלסטיות

(1) התארכות של מיתר גיטרה

מיתר גיטרה באורך של 80 ס"מ עשוי מברונזה וקוטרו 0.5 מ"מ.
קבוע יאנג של ברונזה הוא בערך $110 \cdot 10^9 \text{ Pa}$.
בכמה מתארך המיתר, אם מופעל עליו כוח מתיחות של 50 ניוטון?

(2) מתיחות מקסימאלית במיתר גיטרה

מיתר של גיטרה עשוי מפלדה.
המיתר עגול וקוטרו 0.4 מ"מ.
הערך מהי המתיחות בה המיתר יקרע.

(3) נדנדה

נדנדה עשויה מעץ אורן. המושב מוחזק בשני צדדיו באמצעות שרשראות ברזל.
מסת המושב היא 30 ק"ג.
הנח שעל הנדנדה יושבים 3 אנשים, במרחקים שווים – ביניהם ומהקצוות.
הנח שמשקלו המקסימאלי של אדם לא עולה על 150 ק"ג.
מה צריכה להיות עובי פלטת העץ של המושב, על מנת שלא תישבר כתוצאה מגזירה?
השתמש במקדם בטיחות של 5.
עומק המושב (המרחק מהקצה הקדמי למשענת) הוא 60 ס"מ.



תשובות סופיות

(1) $1.86 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

(2) 62.8N

(3) 4mm

חוק קולון

(1) אלקטרון ופרוטון

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

(2) שני מטענים על ציר ה-X

שני גופים טעונים במטענים $q_1 = 0.2\text{mc}$, $q_2 = 0.3\text{mc}$.

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

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

ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 8\text{kg}$.

(3) שני מטענים במישור

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

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

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

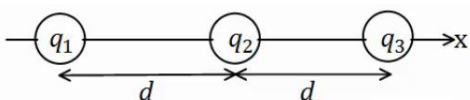
ב. מהי תאוצת כל גוף באותו הרגע אם מסותיהן הן $m_1 = 3\text{kg}$, $m_2 = 8\text{kg}$.

(4) 3 מטענים על ציר ה-X

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

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

מצא את הכוח הפועל על כל מטען גודל וכיוון.



תשובות סופיות:

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

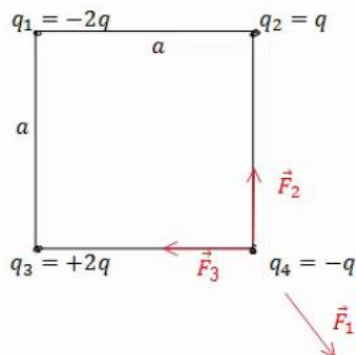
$$(2) \text{א. שניהם נעים בכיוונים הפוכים, ב-} F = 21.6 \text{ N. ב. } a_1 = -7.2 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \hat{x}, \quad a_2 = 2.7 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2} \hat{x}.$$

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

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

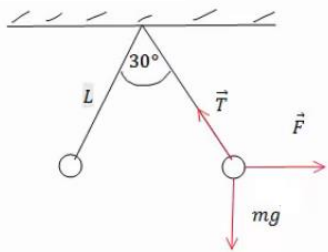
תרגילים

(1) מטען בפינת ריבוע



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

(2) שני כדורים תלויים



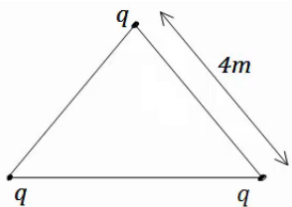
שני כדורים בעלי מסה m ומטען זהה תלויים מהתקרה ע"י חוטים בעלי אורך L , הזווית בין החוטים היא 30° מעלות. מצא את מטען הכדורים.

(3) מהירות זוויתית באטום המימן

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

(4) מטענים בקדקודי משולש

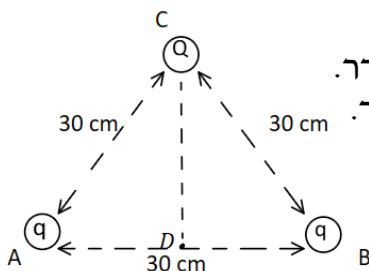
שלושה מטענים זהים נמצאים על קודקודיו של משולש שווה צלעות. גודל כל מטען הוא $q = 2 \mu\text{C}$ ואורך צלע המשולש היא 4 m . מצא את הכוח שמרגיש כל מטען כתוצאה מהמטענים האחרים.



(5) תרגיל - כוח על כדור בקצה משולש

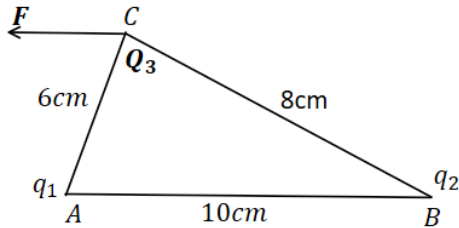
שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא $q = 10^{-5} \text{ C}$, קבועים בנקודות A ו-B, באיור. המרחק בין הנקודות הוא 30 cm . בנקודה C, הנמצאת במרחק של 30 cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך קטן שמסתו 20 gr , והוא טעון במטען של $Q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$. משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C.

- חשב את הגודל והכיוון של הכוח על הכדור, ברגע בו שוחרר.
- חשב את גודלה וכיוונה של תאוצת הכדור, ברגע בו שוחרר.
- חשב את תאוצת הכדור בנקודה D.



6 תרגיל נחש את הסימן של המטען

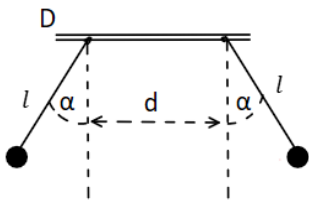
שני מטענים נקודתיים ממוקמים בקודקודי משולש ישר זווית, בקצוות המיתר AB. נתון כי $|q_1| = 3\mu\text{C}$, $Q_3 = 3\mu\text{C}$, והכוח השקול F הפועל על Q_3 , פועל בכיוון אופקי שמאלה, במקביל לצלע AB. בהזנחת כוח הכובד:



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

7 תרגיל- שני מטענים תלויים

שני כדורים בעלי מסות זהות $m = 8\text{gr}$, ומטען זהה q , תלויים באמצעות חוטים משתי נקודות, שהמרחק ביניהם הוא $d = 2\text{cm}$. נתון: $\alpha = 30^\circ$, $l = 3\text{cm}$.



בטא את גודל המטען q באמצעות α , m , l , d , וחשב את גודל המטען q .

תשובות סופיות:

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

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

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

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

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

$$\Sigma F_x = 37.52 \text{N} \quad \text{ג.} \quad q_2 = 7.11 \text{c} \quad \text{ב.} \quad q_1 \text{ שלילי ו-} q_2 \text{ חיובי.} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$q \approx 5.2 \cdot 10^{-8} \text{C} \quad , F_q = \frac{kq^2}{(d + 2l \sin \alpha)^2} \quad (7)$$

שדה חשמלי של מטענים נקודתיים

(1) שדה בשתי נקודות

מטען q נמצא בראשית הצירים.

א. חשב את השדה בנקודות $(0, 2m)$, $(1m, 3m)$, 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

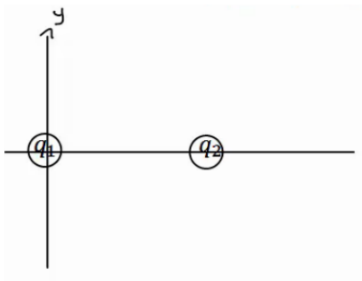
מטען $q_1 = 5\mu c$ נמצא בראשית הצירים. מטען $q_2 = 4\mu c$ נמצא

מצא את השדה בנקודות הבאות:

א. $(5cm, 0)$

ב. $(2cm, 0)$

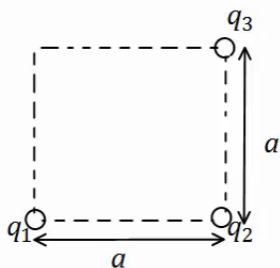
ג. $(2cm, 1cm)$



(3) חישוב שדה שקול בפינה של ריבוע

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

מהו השדה בפינה הרביעית? q_1, q_2, q_3, a נתונים.



תשובות סופיות:

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

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

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

$$E_{Tx} = -4.68 \cdot 10^7, \quad E_{Ty} = 16.77 \cdot 10^7$$

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

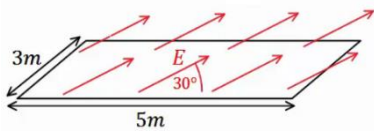
חוק גאוס

(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.

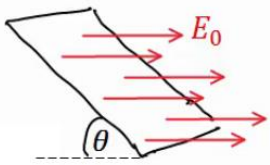


(2) משטח באלכסון

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 .



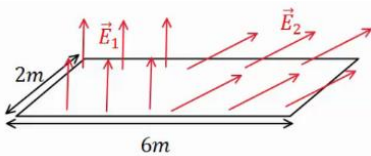
(3) שדה מפוצל

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.



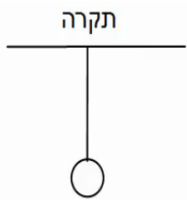
(4) מישור מתחת לכדור תלוי

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 $\sigma = +\frac{5\mu c}{m^3}$.



(5) שתי קליפות כדוריות

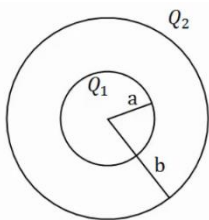
במערכת הבאה שתי קליפות (חלולות) בעלות מרכז משותף (קונצנטריות).

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:

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

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

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

$$T \approx 44.35 N \quad \text{ב.} \quad T = 83.93 N \quad \text{א.} \quad (4)$$

$$E = \begin{cases} 0 & r < a \\ \frac{kQ_1}{r^2} & a < r < b \quad \text{א.} \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r^2} & b < r \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{ב.} \quad \vec{F} = Q_3 \frac{k(Q_1 + Q_2)}{(3b)^2} \quad \text{כיוון: כלפי חוץ.}$$

תנועה בשדה חשמלי אחיד

1) מלוח אל לוח

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

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

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

2) חישוב סטייה

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

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

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

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

3) מטען לא מזוהה

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

- מצא את סימנו של המטען, בהנחה שהצפיפות הנתונה חיובית.
- מצא את היחס בין גודל המטען למסה שלו.

תשובות סופיות:

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

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

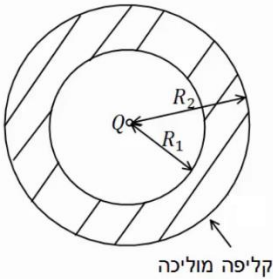
(3) א. סימן המטען שלילי. ב. $\frac{q}{m} = \frac{dv_0^2}{4\pi k \sigma L^2}$

מוליכים

שאלות:

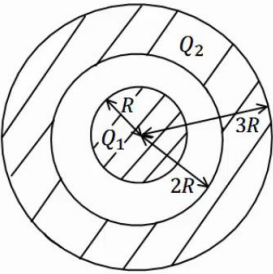
1) מטען נקודתי וקליפה עבה

- 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?



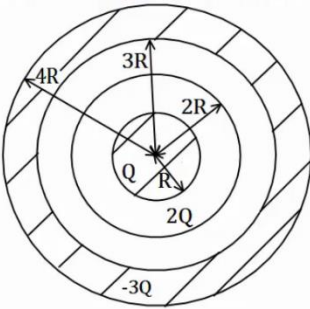
2) כדור מוליך וקליפה עבה טעונה

- כדור מוליך ברדיוס R טעון במטען Q_1 , נמצא בתוך ובמרכזה של קליפה כדורית מוליכה. עם רדיוס פנימי $2R$ ורדיוס חיצוני $3R$. הקליפה טעונה, וסך המטען על הקליפה הוא Q_2 .
א. מצא את השדה החשמלי בכל המרחב.
ב. מהי התפלגות המטען על שפת הכדור ושפת הקליפה?
ג. מטען נקודתי q מונח ב- $r = 1.5R$. מהו הכוח הפועל על המטען, אם ניתן להניח שההשפעה שלו על המערכת זניחה?



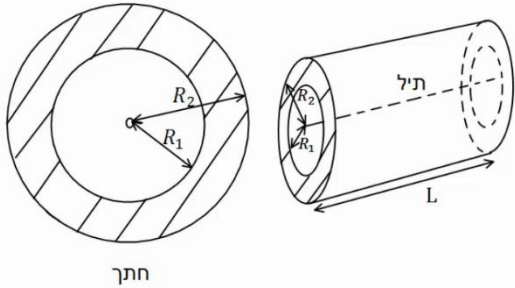
3) כדור מוליך, קליפה דקה וקליפה עבה

- במערכת הבאה ישנו כדור מוליך ברדיוס R הטעון במטען Q . מסביב לכדור ישנה קליפה כדורית דקה ברדיוס $2R$, הטעונה במטען $2Q$. את הכדור והקליפה מקיפה קליפה כדורית עבה ומוליכה, בעלת רדיוס פנימי $3R$ ורדיוס חיצוני $4R$, הטעונה במטען כולל $-3Q$. הכדורים והקליפות קונצנטריים (בעלי מרכז משותף).
א. מצא את השדה בכל המרחב.
ב. מצא את התפלגות המטען בכל המרחב.



4) תיל וקליפה גלילית עבה

- במערכת הבאה ישנו תיל באורך L , הטעון במטען כולל Q .
התיל נמצא במרכז של קליפה גלילית עבה ומוליכה,
בעלת רדיוס פנימי R_1 ורדיוס חיצוני R_2 .
הקליפה ניטרלית ואורכה אף הוא L .
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:

$$(1) \quad E = \frac{kQ}{r^2} \quad \text{א.} \quad q_2 = Q \quad \text{ב.} \quad q_1 = -Q$$

$$(2) \quad E = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ_1}{r^2} & R < r < 2R \\ 0 & 2R < r < 3R \\ \frac{k(Q_1 + Q_2)}{r_2} & 3R < r \end{cases} \quad \text{א.} \quad q_3 = Q_1 + Q_2 \quad \text{ב.} \quad F = q \frac{kQ_1}{(1.5R)^2} \quad \text{ג.}$$

$$(3) \quad E_{()} = \begin{cases} 0 & r < R \\ \frac{kQ_1}{r^2} & R < r < 2R \\ \frac{k3Q}{r_2} & 2R < r < 3R \\ 0 & 3R < r < 4R \\ 0 & 4R < r \end{cases} \quad \text{א.} \quad q_4 = 0 \quad \text{ב.} \quad q_3 = -3Q$$

$$(4) \quad \lambda = \frac{Q}{L} \quad \text{א.} \quad E = \begin{cases} \frac{2k\lambda}{r} & r < R_1 \\ 0 & R_1 < r < R_2 \\ \frac{2k\lambda}{r} & R_2 < r \end{cases} \quad \text{ב.} \quad \sigma_1 = \frac{-\lambda}{2\pi R_1}, \quad \sigma_2 = \frac{\lambda}{2\pi R_2} \quad \text{ג.}$$

חומרים דיאלקטריים

שאלות:

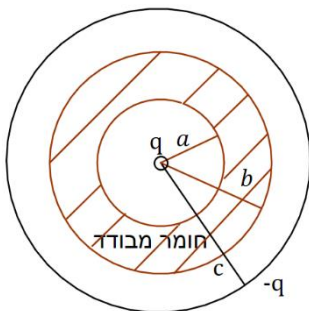
(1) חומר דיאלקטרי בין שני לוחות

חומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_r = 2$ מוכנס בין שני לוחות גדולים מאוד, $-\sigma$ σ

חומר דיאלקטרי ϵ_r

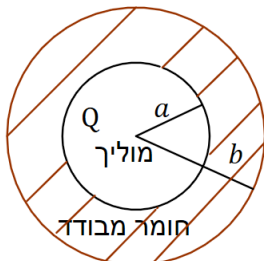
הטעונים בצפיפות מטען משטחית $\sigma = 3 \cdot 10^{-3} \frac{C}{m^2}$. מהו השדה החשמלי בתוך החומר, אם הצפיפות בלוח העליון שלילית ובתחתון חיובית.

(2) מטען נקודתי בתוך מעטפת דיאלקטרית



מטען נקודתי $q = 2 \cdot 10^{-6} C$ מוקף במעטפת כדורית מבודדת בעלת רדיוס פנימי $a = 5cm$ ורדיוס חיצוני $b = 8cm$. המקדם הדיאלקטרי של המעטפת המבודדת הוא $\epsilon_r = 3$. את כל המערכת עוטפת קליפה מוליכה דקה ברדיוס $c = 10cm$, הטעונה במטען $-q = -2 \cdot 10^{-6} C$. מהו השדה החשמלי בכל המרחב, אם הקליפה המבודדת אינה טעונה?

(3) כדור מוליך בתוך מעטפת דיאלקטרית



כדור מוליך ברדיוס a טעון במטען Q . הכדור מוקף במעטפת עבה, העשויה חומר דיאלקטרי בעל מקדם ϵ_r . הרדיוס הפנימי של המעטפת הדיאלקטרית צמוד לרדיוס הכדור a והרדיוס החיצוני שווה ל b . הבע את השדה החשמלי בכל המרחב באמצעות הפרמטרים של הבעיה.

תשובות סופיות:

$$E = 1.7 \cdot 10^8 \frac{N}{C} \quad (1)$$

$$E = \begin{cases} r < a & \frac{1.8 \cdot 10^4}{r^2} \\ a < r < b & \frac{6 \cdot 10^5}{r^2} \\ b < r < c & \frac{kq}{r^2} \\ c < r & 0 \end{cases} \quad (2)$$

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

עבודה ואנרגיה של הכוח החשמלי

(1) עבודה להביא מטען מהאינסוף

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

(2) מטען מגיע עם מהירות מהאינסוף

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

(3) עבודה להרחיק שני מטענים

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

(4) עבודה להכניס מטען לתוך קליפה טעונה

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

(5) מטען זז בין שני לוחות

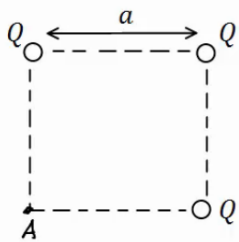
שני לוחות גדולים מאוד טעונים בצפיפויות מטען משטחיות הפוכות $\sigma = \pm 3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{C}}{\text{m}^2}$. המרחק בין הלוחות הוא $d = 5 \text{ cm}$. מצא את העבודה הדרושה להעביר מטען של $Q = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהלוח השלילי אל הלוח החיובי. הזנח את השפעת המטען על השדה של הלוחות.

פוטנציאל ומתח

(6) פוטנציאל שיוצר מטען שתי נקודות

חשב את הפוטנציאל שיוצר המטען $Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ במרחק $r_1 = 0.8 \text{ m}$ ובמרחק $r_2 = 0.3 \text{ m}$ מהמטען.

מהי העבודה הדרושה להזיז את המטען $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהמרחק הראשון למרחק השני?



(7) 3 מטענים בפינות של ריבוע

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

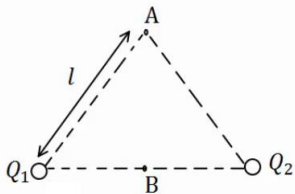
א. חשב את הפוטנציאל בפינה הרביעית של הריבוע.

ב. חשב את הפוטנציאל במרכז הריבוע.

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

(8) שני מטענים על משולש שווה צלעות

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



א. מצא את המתח בין הנקודה A הנמצאת בקודקוד

השלישי של המשולש לבין הנקודה B הנמצאת באמצע הצלע המחברת את שני המטענים.

ב. חשב את העבודה הדרושה להביא מטען של $q = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מהקודקוד אל אמצע הצלע.

(9) תרגיל- פוטנציאל בין לוחות

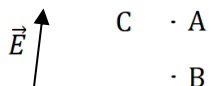
שני לוחות גדולים מאוד טעונים במטענים בעלי סימן הפוך. ידוע כי כיוון השדה בין הלוחות הוא מהלוח התחתון ללוח העליון.

א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. איזה מהלוחות נמצא בפוטנציאל יותר גבוה?

ג. איזו מהנקודות A ו-B נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?

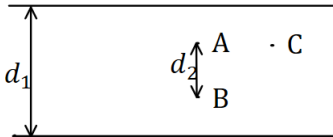
ד. איזה מהנקודות A ו-C, הנמצאות באותו גובה, נמצאת בפוטנציאל יותר גבוה?



10 תרגיל ונוסחה - מתח בין לוחות

שני לוחות גדולים מאוד נמצאים במרחק $d_1 = 40\text{cm}$ זה מזה.

המתח בין הלוחות הוא $V = 20\text{V}$, וידוע כי הלוח העליון נמצא בפוטנציאל גבוה יותר.



א. איזה מהלוחות טעון במטען חיובי ואיזה במטען שלילי?

ב. מהו השדה בין הלוחות (גודל וכיוון)?

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

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

ד. מהו המתח בין A ל-B?

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

מ-A ל-C – הנמצאת באותו הגובה של A?

פוטנציאל במוליכים

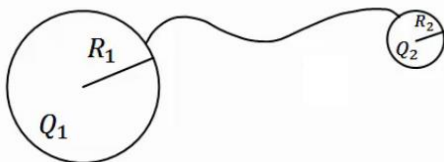
11 שני כדורים מוליכים מחוברים

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.

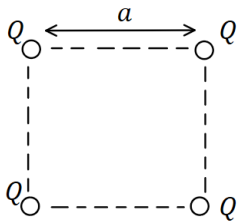
מה היה המטען על כל כדור לאחר זמן רב?



תרגילים נוספים

12) אנרגיה חשמלית של מערכת

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



13) מטענים בפינות של ריבוע

בארבעת הפינות של ריבוע בעל צלע $a = 0.5 \text{ m}$

ישנם מטענים זהים שגודלם הוא $Q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

א. מהי העבודה הדרושה לבניית המערכת?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודה הנמצאת באמצע אחת מצלעות הריבוע?

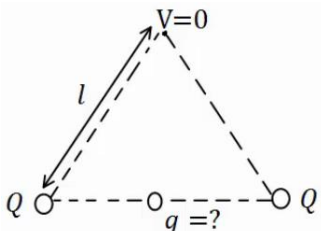
ג. מהי העבודה הדרושה להבאת מטען $q = 3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$, לנקודה מסעיף ב'?

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

14) מטען שמאפס פוטנציאל בקדקוד

בשני קדקודיו של משולש שווה צלעות נמצאים מטענים זהים שגודלם הוא $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

מטען נוסף, q , מונח במרכז הצלע שביניהם. אורך הצלע של המשולש הוא $l = 20 \text{ cm}$.



א. מצא את גודלו של המטען q כך שהפוטנציאל בקדקוד השלישי יתאפס.

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

15) פוטנציאל בנקודה מסוימת

בנקודה מסוימת קיים פוטנציאל של 15 V .

א. מהי העבודה להביא מטען בוחן מהאינסוף לנקודה זו?

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

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

$V = 5 \text{ V}$ לנקודה זו?

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

לפוטנציאל של 10 V ?

16 עבודה לא תלויה במסלול

מטען נקודתי $Q_1 = 10^{-5} \text{ C}$ ממוקם בראשית הצירים. מטען נקודתי נוסף $Q_2 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ ממוקם ב- $(0.8\text{m}, 0)$.

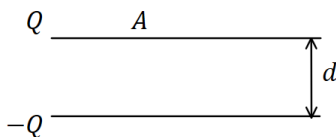
- א. מצא את הפוטנציאל בנקודות $A(1.5\text{m}, 0)$, $B(1.5\text{m}, 1\text{m})$, $C(0.8\text{m}, 1\text{m})$.
- ב. מהי העבודה הדרושה להעביר את המטען $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ מנקודה A ל-B?
- ג. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה B אל נקודה C?
- ד. מהי העבודה הדרושה להעביר את אותו המטען מנקודה A לנקודה C, דרך הקו הישר בין הנקודות?

17 אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים

אלקטרון מואץ בהפרש פוטנציאליים של 300V . האלקטרון מתחיל תנועתו ממנוחה. א. מהו ההפרש בין האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של האלקטרון בתחילת התנועה לסוף התנועה, ביחידות של אלקטרון וולט וביחידות של ג'אול?
ב. מהי מהירות האלקטרון בסוף התהליך?
 $q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

18 פרוטון נע בין לוחות

שני לוחות גדולים בעלי שטח $A = 2\text{m}^2$ נמצאים במרחק $d = 10\text{cm}$ אחד מהשני. טוענים את אחד הלוחות במטען $Q = 6 \cdot 10^{-3} \text{ C}$, ואת הלוח השני במטען זהה והפוך בסימנו. א. חשב את צפיפות המטען ליחידת שטח על כל לוח.
ב. מהו השדה בין הלוחות?
ג. מהו המתח בין הלוחות?
ד. פרוטון משוחרר ממנוחה קרוב מאוד ללוח החיובי. מהי מהירות הפרוטון בהגיעו ללוח השלילי?
 $q_p = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

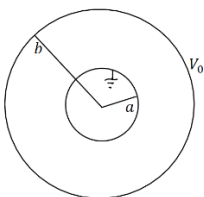


19 פוטנציאל של כדור מוליך

כדור מוליך שרדיוסו $R = 20\text{cm}$ טעון במטען $Q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$. א. מהו השדה החשמלי במרחק $r_1 = 25\text{cm}$ ובמרחק $r_2 = 15\text{cm}$ ממרכז הכדור?
ב. מהו הפוטנציאל באותם מרחקים?

20 תרגיל- 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.



21) מתח בין שני כדורים מוליכים

שני כדורים מוליכים, בעלי רדיוסים $R_1 = 1\text{m}$ ו- $R_2 = 1.4\text{m}$, טעונים במטענים

$$Q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{C} \quad Q_2 = 6 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

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

22) שני מטענים מתרחקים

שני גופים בעלי מסות $m_1 = 20\text{gr}$ ו- $m_2 = 60\text{gr}$ ומטענים

$$Q_1 = 80\text{cm} \quad Q_2 = 6 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

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

23) שני מטענים מתרחקים ומתקרבים

שני גופים בעלי מסות $m_1 = 25\text{gr}$ ו- $m_2 = 50\text{gr}$ ומטענים $Q_1 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$ ו- $Q_2 = -5 \cdot 10^{-6} \text{C}$

נמצאים במרחק $r_1 = 1\text{m}$ זה מזה.

לגופים מהירות התחלתית כך שאחד מתרחק מהשני.

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

א. מה תהיה מהירות הגופים כאשר המרחק ביניהם הוא $r_2 = 5\text{m}$?

ב. מהו v_0 המינימאלי עבורו הגופים לא יפגשו לעולם?

כעת נניח כי v_0 שווה לחצי מהערך שחישבת בסעיף ב'.

ג. מהו המרחק המקסימאלי אליו יגיעו הגופים?

ד. מצא את מהירות הגופים כאשר $r_3 = 0.5\text{m}$.

24) 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.

25) כדור מוליך מוארק בתוך קליפה כדורית

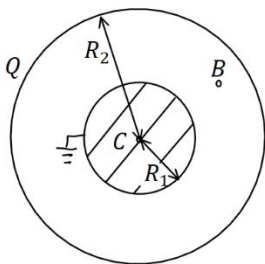
כדור מוליך ברדיוס $R_1 = 5\text{cm}$ נמצא בתוך ובמרכז של קליפה כדורית דקה.

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

א. מצא את המטען על שפת הכדור?

ב. מהו הפוטנציאל בנקודות $r_A = 20\text{cm}$, $r_B = 7\text{cm}$, $r_C = 0$?

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



26) שתי קליפות קונצנטריות מחוברות בחוט

קליפה כדורית (כדור חלול) שהרדיוס שלה נמצא 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-.

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

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

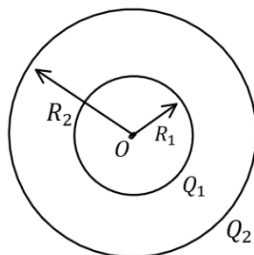
i. הנקודה O.

ii. נקודה על פני הקליפה הפנימית.

iii. נקודה על פני הקליפה החיצונית.

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

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



תשובות סופיות:

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

$$r = 90 \text{ m} \quad \text{א.} \quad v_F \approx 6.32 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad (2)$$

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

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

$$W = 33.9 \text{ j} \quad (5)$$

$$W = 18.75 \cdot 10^{-2} \text{ j} \quad (6)$$

$$V_A = 16.24 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{א.} \quad V_B = 25.46 \cdot 10^6 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad W = -27.65 \text{ j} \quad \text{ג.} \quad (7)$$

$$V_{BA} = 3.6 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad W_{A \rightarrow B} = 1.8 \text{ j} \quad \text{ב.} \quad (8)$$

$$\text{א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למטה, והשלילי למעלה.} \quad (9)$$

$$\text{ב. התחתון.} \quad \text{ג. B} \quad \text{ד. הפוטנציאל שווה.}$$

$$\text{א. הלוח הטעון במטען חיובי נמצא למעלה, והשלילי למטה.} \quad (10)$$

$$E = 50 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{ב.} \quad -W_{AB} = -5 \cdot 10^{-6} \text{ j} \quad \text{ג.} \quad V_{AB} = 2.5 \text{ V} \quad \text{ד.} \quad \text{ה. 0} \quad (11)$$

$$q_1' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad q_2' = (Q_2 + Q_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (12)$$

$$U \approx 0.101 \text{ j} \quad (12)$$

$$W \approx 3.96 \cdot 10^{-3} \quad \text{ד.} \quad W \approx 6.25 \cdot 10^{-5} \text{ j} \quad \text{ג.} \quad V_A = 20.84 \cdot 10^3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad W \approx 3.9 \cdot 10^{-3} \text{ j} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$q = -2 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{ב.} \quad q = -3.46 \cdot 10^{-5} \text{ C} \quad \text{א.} \quad (14)$$

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

$$W_{AB} = -3.6 \cdot 10^{-1} \text{ j} \quad \text{ב.} \quad V_A = 3.17 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V_B \approx 1.97 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V_C = 2.5 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (16)$$

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

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

$$v = 2.55 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ד.} \quad V = 3.39 \cdot 10^4 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad E \approx 3.39 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}} \quad \text{ב.} \quad \sigma = 3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{C}}{\text{m}^2} \quad \text{א.} \quad (18)$$

$$V(r_1) = 1.08 \cdot 10^5 \text{ V}, \quad V(r_2) = 1.35 \cdot 10^5 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad E(r_1) = 4.32 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{C}}, \quad E(r_2) = 0 \quad \text{א.} \quad (19)$$

$$q_1 = \frac{bV_0}{k} \cdot \frac{a}{(a-b)}, \quad q_2 = -\frac{bV_0}{ka \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{a} \right)} \quad (20)$$

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

$$u_2 = 1.06 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_1 = -3.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad u_1 \approx -1.84 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad u_2 = 0.612 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{א.} \quad (22)$$

$$v_{0\min} \approx 2.18 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \text{ב.} \quad u_1 = 4.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}, u_2 = 4.7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{א.} \quad (23)$$

$$u_1 = -3.79 \frac{\text{m}}{\text{s}}, u_2 = 1.35 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ד.} \quad r_{\max} = 1,29 \text{m} \quad \text{ג.}$$

$$V_{1000} = 100V_1 \quad (24)$$

$$V_A = 6.75 \cdot 10^3 \text{V}, V_B = 7.71 \cdot 10^3 \text{V}, V_C = 0 \quad \text{ב.} \quad q = -1.5 \cdot 10^{-7} \text{C} \quad \text{א.} \quad (25)$$

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

$$E_T = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_2^2} \quad \text{iii.} \quad E_T = \frac{kQ_1}{R_1^2} \quad \text{ii.} \quad E_T = 0 \quad \text{i.} \quad \text{א.} \quad (26)$$

$$V_T(R_2) = \frac{k(Q_1 + Q_2)}{R_1} \quad \text{iii.} \quad V_2 = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{ii.} \quad V_1 = \frac{kQ_1}{R_1} + \frac{kQ_2}{R_2} \quad \text{i.} \quad \text{ב.}$$

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

הזרם החשמלי

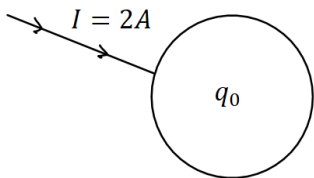
(1) דוגמה - פלאפון מחובר מטען

- 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) דוגמה - 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.

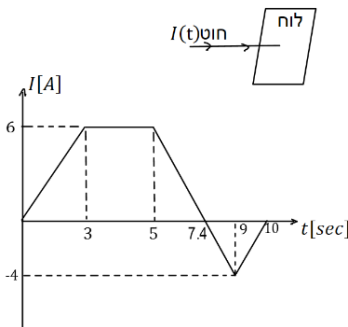
- א. רשום נוסחה המתארת את המטען על הכדור כתלות בזמן.
ב. צייר גרף של המטען על הכדור כתלות בזמן.
ג. צייר גרף של הזרם כתלות בזמן.



(3) דוגמה - 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) דוגמה - זרם בנורת להט

הזרם העובר בנורת להט ביטית הוא בערך 1 אמפר. נניח כי חוטי החשמל בבית עשויים נחושת בקוטר של 0.2 ס"מ.

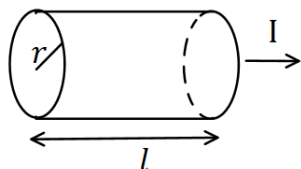
מספר האלקטרונים החופשיים ליחידת נפח בנחושת הוא $8.5 \cdot 10^{22} \frac{1}{\text{cm}^3}$.
מצא מהי מהירות האלקטרונים בחוטים.

חוק אוהם

(5) דוגמה - חוק אוהם

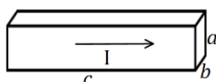
- על מוליך מסוים הופעל מתח של 5 וולט. כתוצאה מכך נוצר זרם במוליך של 10mA.
א. מהי ההתנגדות של המוליך?
ב. נניח כי התנגדות המוליך קבועה. מה יהיה הזרם במוליך אם יופעל עליו מתח של 10 וולט?

התנגדות



6) דוגמה - נגד גלילי

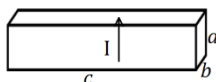
חשב את ההתנגדות של נגד בצורת גליל באורך $l = 1\text{m}$ ורדיוס בסיס של $r = 2\text{mm}$. הנגד עשוי מנחושת בעלת התנגדות סגולית $\rho = 1.72 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ (הזרם זורם לאורך ציר הסימטריה של הגליל).



(א)

7) דוגמה - נגד בצורת תיבה

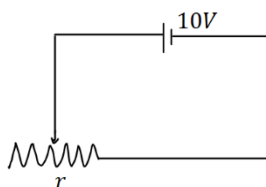
מוליך בנוי בצורת תיבה עם צלעות שאורכן a, b, c .
התייחס לגודל הצלעות ולהתנגדות הסגולית ρ כנתונים.
חשב את התנגדות המוליך בכל אחד מהמקרים הבאים:
שים לב: בכל מקרה הזרם זורם במוליך בכיוון אחר!



(ב)

8) דוגמה - נגד

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



9) דוגמה - 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?

כא"מ ומתח הדקים

10) דוגמה - כאמ ומתח הדקים

סוללה מייצרת כא"מ של 5 V. 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- $I = 0.5\text{A}$.
א. שרטט תרשים המתאר את המעגל.
ב. חשב את מתח ההדקים שמספקת הסוללה.
ג. מהי ההתנגדות של הנגד?

תרגילים

11 תרגיל 1

מהו הזרם במוליך אם עובר בו מטען של 50 קולון ב 10 שניות?

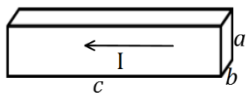
12 תרגיל 2

כמה אלקטרונים עוברים במוליך בשניה אחת אם זרם בו זרם קבוע של 2 אמפר?

13 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?

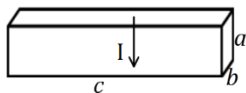
14 תרגיל 4



(א)

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:



(ב)

15 תרגיל 5

בנגד גלילי בעל שטח חתך $A = 2mm^2$ זרם של $I = 20mA$.

צפיפות האלקטרונים החופשיים בנגד היא $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$.

מהי מהירות האלקטרונים בנגד?

16 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 $n = 8.5 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$?

17 תרגיל 7

סוללה בעלת מתח 6V מחוברת לנגד משתנה.

כאשר אורך הנגד הוא $l = 6cm$ הזרם במעגל הוא 1A.

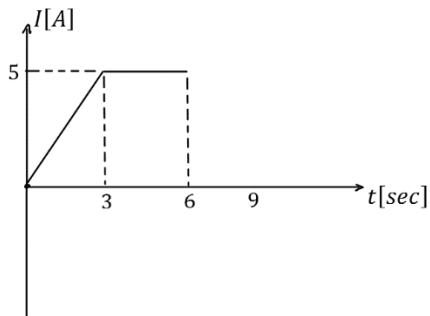
מהי ההתנגדות ליחידת אורך של הנגד?

(18) תרגיל 8

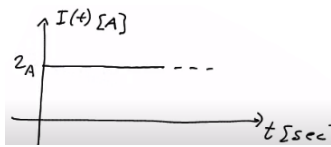
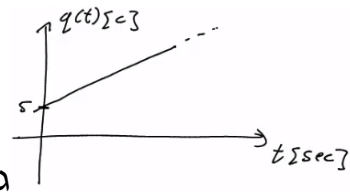
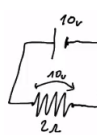
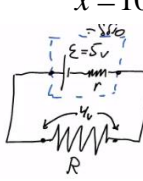
סוללה עם כא"מ של $4V$ מחוברת למעגל חשמלי. במעגל זורם זרם $I = 0.5A$.
ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא $r = 0.5\Omega$.
מהו מתח ההדקים של הסוללה?

(19) תרגיל 9

בגרף הבא נתון הזרם במוליך כתלות בזמן.
כמה מטען עבר במוליך?

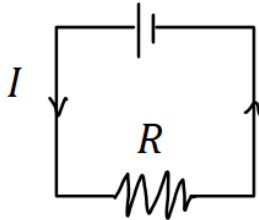


תשובות סופיות:

- (1) א. $\Delta q = 3600c$ ב. $N_e = 2.25 \cdot 10^{22}$
- (2) א. $q(t) = 5 + 2 \cdot t$ ב.  
- (3) א. $\Delta q = 23c$ ב. $q(t=5) = 21c$
- (4) $v_d = 2.341 \cdot 10^{-5} \frac{m}{sec}$
- (5) א. $R = 500\Omega$ ב. $I = 20mA$
- (6) $R = 0.00137\Omega$
- (7) א. $R = \rho \cdot \frac{c}{a \cdot b}$ ב. $R = \rho \cdot \frac{a}{b \cdot c}$
- (8) $I = 5A$ 
- (9) $x = 10cm$ 
- (10) א. $R = 8\Omega$ ב. $V = 4V$
- (11) $I = 5A$
- (12) $N = 1.25 \cdot 10^{19}$
- (13) $R = 5.51 \cdot 10^{-4}\Omega$
- (14) א. $R \approx 6.67 \cdot 10^{-5}\Omega$ ב. $R = 3.75 \cdot 10^{-7}\Omega$
- (15) $v_d = 7.35 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$
- (16) א. $I = 2.5A$ ב. $v_d \approx 9.19 \cdot 10^{-7} \frac{m}{sec}$
- (17) $r = 100 \frac{\Omega}{m}$
- (18) $V = 3.75V$
- (19) $\Delta q = 30c$

עבודה ואנרגיה ברכיבים חשמליים

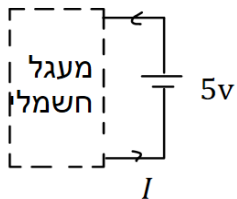
(1) חישובי עבודה ואנרגיה בנגד



בנגד בעל התנגדות $R = 30\Omega$ זורם זרם $I = 0.3A$.

- כמה מטען עובר בנגד במשך 3 שניות?
- מהו המתח על הנגד?
- מהי העבודה שמתבצעת על המטען?
- כמה חום נוצר בנגד במשך הזמן הנתון?
- האנרגיה איבדה הסוללה במשך הזמן הנתון?

(2) חישובי עבודה של סוללה



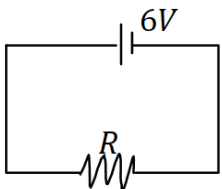
סוללה מחוברת למעגל חשמלי כלשהו. המתח בסוללה הוא $V = 5 \text{ Volt}$

והזרם במעגל (וגם בסוללה) הוא $I = 0.4A$.

- כמה מטען עובר דרך הסוללה במשך 2 שניות?
- כמה עבודה ביצעה הסוללה במשך הזמן הנתון?

הספק חשמלי

(3) הספק של מקור ושל נגד



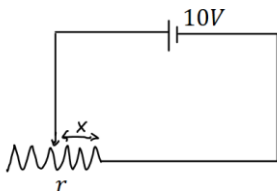
במעגל הבא מקור מתח של 6 וולט מחובר לנגד שהתנגדותו $R = 12\Omega$.

- מהו ההספק של מקור המתח?
- מהו ההספק של הנגד וכמה חום נוצר בנגד כל שניה?

(4) הספק בנגד משתנה

במעגל הבא סוללה בעלת מתח של 10 וולט מחוברת לנגד משתנה שהתנגדותו

ליחידת אורך היא $r = 100 \frac{\Omega}{m}$.



- מהו ההספק של הנגד כאשר אורכו 5 ס"מ?
- מהו ההספק בנגד כאשר אורכו 10 ס"מ?
- מהו ההספק בנגד כפונקציה של האורך?

(5) 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.

- (6) 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). $1 \text{ hp} = 746 \text{ Watt}$.
ב. תעריף חברת החשמל לצריכת ביתית הוא בערך חצי שקל לקוט"ש.
כמה עולה להפעיל את המזגן כל הלילה (8 שעות).
- (7) בנגד של 10 אוהם זרם של 0.5 אמפר במשך 4 דקות.
כמה חום נוצר במשך הזמן שבו זרם הזרם בנגד?

תרגילים נוספים

- (8) 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?
- (9) תרגיל 2
על נורה רשום 60W/220V.
א. מהי התנגדות הנורה?
ב. מהי כמות המטען שעברה בנורה במשך דקה אחת?
ג. מהו ההספק הנורה במתח של 110V בהנחה שההתנגדות שלה לא משתנה.
- (10) תרגיל 3
למזגן שני מצבי קירור, במצב הראשון ההספקו 1000W ובמצב השני ההספקו 1500W.
מצא את היחס בין ההתנגדויות בשני המצבים.
- (11) תרגיל 4
נורה של 60W דולקת במשך שעה כל יום.
מהי צריכת האנרגיה של הנורה במשך חודש ביחידות של kWh?

(12) תרגיל 5

- 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.

(13) תרגיל 6

- למנוע של מכונית יש הספק מרבי של 100 כוח סוס.
המכונית מתחילה לנסוע ממנוחה ומסתייגה 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?

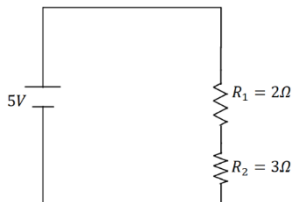
תשובות סופיות:

- | | | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| (1) א. $\Delta q = 0.9c$ | ב. $V = 9V$ | ג. $W = 8.1j$ | ד. $Q = 8.1j$ | ה. $W = 8.1j$ |
| (2) א. $\Delta q = 0.8c$ | ב. $W = 4j$ | | | |
| (3) א. $\rho = 3W$ | ב. $\rho = 3W$ | | | |
| (4) א. $\rho = 20W$ | ב. $\rho = 10W$ | ג. $\rho = \frac{1}{x}$ | | |
| (5) $\rho = 25W$ | | | | |
| (6) א. $W = 1.119kWhr$ | ב. 4 ש"ח. | | | |
| (7) $Q = 600j / \approx 143cal.$ | | | | |
| (8) א. $I = 0.5A$ | ב. $\rho = 2.5W$ | ג. $Q = 25j / \approx 5.9cal.$ | | |
| (9) א. $R = 807\Omega$ | ב. $\Delta q \approx 16.4c$ | ג. $\rho \approx 15W$ | | |
| (10) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = 1.5$ | | | | |
| (11) $E = 1.8kWh$ | | | | |
| (12) א. $V = 440Litter$ | ב. $V = 176Litter$ | | | |
| (13) א. $v \approx 139 \frac{km}{hr}$ | ב. $v = 76.2 \frac{km}{hr}$ | ג. $Q = 124,333cal.$ | | |

חיבור נגדים במעגל

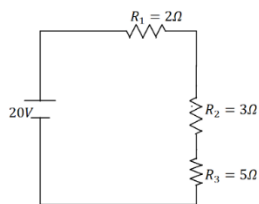
(1) דוגמה 1

חשב את הזרם במעגל הבא וחשב את ערך הפוטנציאל בין הנגדים (הנח שההדק השלילי נמצא בפוטנציאל אפס).



(2) דוגמה 2

חשב את הזרם במעגל הבא ומצא את המתח על כל נגד.

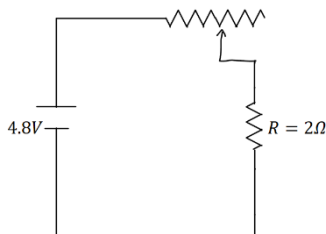


(3) דוגמה 3

סוללה עם כ"מ של 3V והתנגדות פנימית $r = 2\Omega$ מחוברת לנגד $R = 10\Omega$.
א. סרטט איור של המעגל.
ב. מהו הזרם במעגל?
ג. מהו מתח ההדקים של הסוללה?

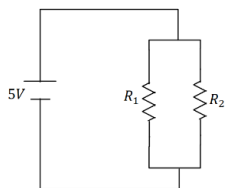
(4) דוגמה 4

במעגל הבא ישנו מקור מתח אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) המחובר לנגד רגיל ונגד משתנה. אורך הנגד המשתנה הוא 20 ס"מ והתנגדותו ליחידת אורך היא $r = 2 \frac{\Omega}{m}$.
מהו הזרם במעגל ומהו המתח על כל נגד?



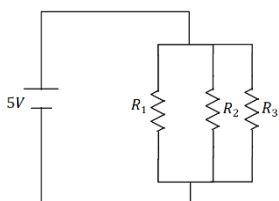
(5) דוגמה 5

במעגל הבא $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 2\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

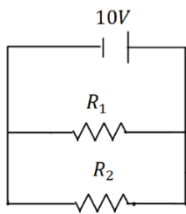


(6) דוגמה 6

במעגל הבא $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 4\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

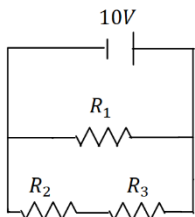


(7) דוגמה 7



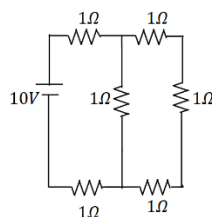
במעגל הבא $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 3\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

(8) דוגמה 8



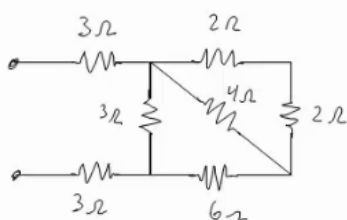
במעגל הבא $R_1 = 4\Omega$, $R_2 = 3\Omega$, $R_3 = 1\Omega$ מצא את הזרם במעגל והזרם בכל נגד.

(9) דוגמה 9



מצא את כל הזרמים במעגל הבא :

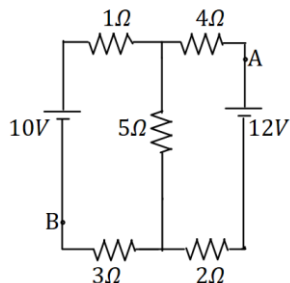
(10) דוגמה 10



חשב את ההתנגדות השקולה של המעגל הבא בין שני ההדקים.

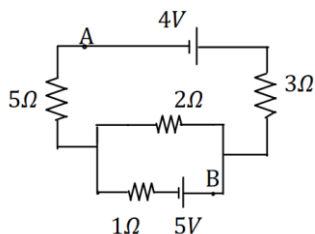
חוקי קירכהוף

11) 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.

12) קירכהוף תרגיל 2

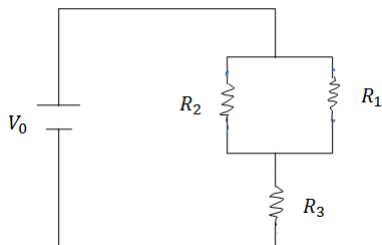


- במעגל הבא התנגדות הנגדים ומתח המקורות נתונים באיור.
 א. מצא את הזרמים במעגל.
 ב. מצא את V_{AB} .

(13)

תרגילים נוספים

14) תרגיל 1



במעגל הבא נתונים ההתנגדות של כל נגד ומתח המקור.

$$R_3 = 5\Omega, \quad R_2 = 3\Omega, \quad R_1 = 2\Omega, \quad V_0 = 31V$$

א. מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל.

ב. מצא את הזרם העובר בסוללה.

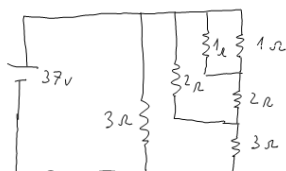
חשב את הזרם והמתח על כל אחד מהנגדים.

15) תרגיל 2

נתונים שלושה נגדים זהים עם התנגדות ידועה R .

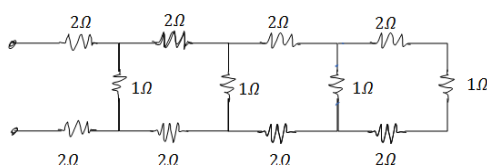
מצא את כל האפשרויות השונות לחבר את הנגדים.

מצא את ההתנגדות השקולה של כל אפשרות.



16) תרגיל 3

חשב את הזרם והמתח בכל נגד במעגל הבא :



17) תרגיל 4

מצא את ההתנגדות השקולה של המעגל

בין שני ההדקים :

18) תרגיל – נצילות

במעגל הבא (תרשים 1) כל מכשירי המדידה אידיאליים,

$R = 2\Omega$, $\mathcal{E} = 5V$, והתנגדות הנגד המשתנה היא 8Ω אוהם.

כאשר הגרר P נמצאת בנקודה הכי שמאלית של הנגד

המשתנה, מדידת האמפרמטר היא $0.2A$, והוולטמטר $V_1 = 4V$.

א. מהי ההתנגדות הפנימית של הסוללה, ומהי התנגדות הנורה?

ב. מהי נצילות המעגל במצב הנתון?

ג. משנים את מיקום הגרר בצורה רציפה, האם הנצילות :

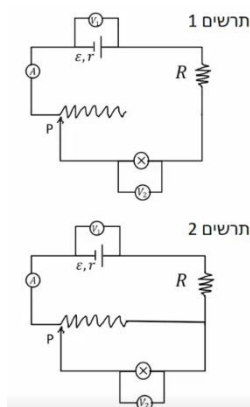
תגדל / תקטן / לא תשתנה?

מחברים את הקצה השני של הנגד המשתנה, כפי שאפשר לראות בתרשים 2,

כאשר הגרר נשארת בקצה השמאלי של הנגד.

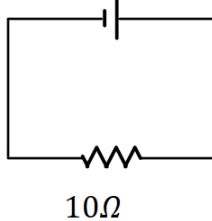
ד. האם הספק הסוללה גדל, קטן, או לא השתנה? נמק ללא חישוב.

ה. באיזה מעגל הנורה מאירה בעוצמה חזקה יותר? הסבר ללא חישוב.



מקור מתח לא אידיאלי

סוללה לא אידיאלית



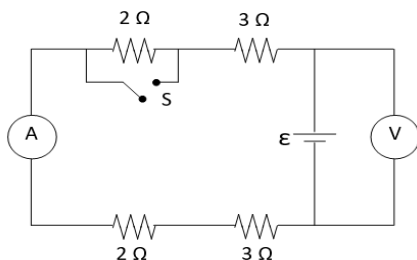
19) דוגמה 1

המעגל הבא מורכב מסוללה לא אידיאלית המחוברת לנגד של 10 אוהם. ההתנגדות הפנימית של הסוללה היא 1 אוהם. במעגל זורם זרם של 2 אמפר.
א. מהו הכא"מ של הסוללה?
ב. מהו מתח ההדקים שמספקת הסוללה במעגל?

20) דוגמה 2

מחברים סוללה לא אידיאלית לנגד של 10 אוהם ומודדים את הזרם במעגל. המדידה מראה כי הזרם הוא 2 אמפר. לאחר מכן מנתקים את הסוללה מהנגד ומחברים אותה לנגד של 6 אוהם.
מודדים שוב את הזרם במעגל ורואים כי הזרם השתנה ל-3 אמפר.
א. מצא את הכא"מ וההתנגדות הפנימית של הסוללה.
ב. מצא את מתח ההדקים של הסוללה בכל אחד מהחיבורים.

21) תרגיל – מעגל עם סוללה לא אידיאלית

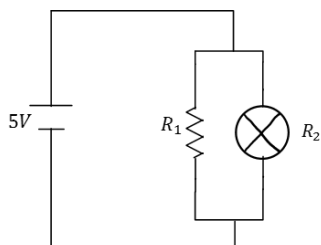


המעגל שבתרשים מכיל ארבעה נגדים, מד מתח ומד זרם אידיאליים, סוללה (לא אידיאלית) ומפסק. קריאת האמפרמטר נרשמה פעמיים, כאשר המפסק פתוח וכאשר המפסק סגור. אחת הקריאות הייתה 1.5A והאחרת הייתה 1.8A.

א. האם הזרם הגבוה יותר נמדד כאשר המפסק היה פתוח או כאשר הוא היה סגור? נמק/י!
ב. מה הוראת מד המתח בשני מצבי המפסק? פרט/י חישוביך!

ג. חשבי את הכא"מ ואת ההתנגדות הפנימית של הסוללה.
ד. מה היו מראים אותם שני מכשירי מדידה אילו היו מחברים את מד המתח במקום מד הזרם ולהפך? נמק/י!

נצילות במעגל החשמלי



22 דוגמה נצילות

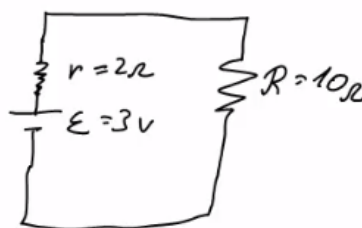
במעגל הבא נתונה התנגדות הנגד, התנגדות הנורה והמתח של הסוללה. $V = 5V$, $R_1 = 3\Omega$, $R_2 = 5\Omega$

- מהו הזרם בנורה ומהו הזרם בסוללה?
- מהו ההספק המתפתח בנורה ומהו ההספק של הסוללה?
- מהי הנצילות של המעגל?
- מהו אחוז ההספק שהולך לאיבוד במעגל?

תשובות סופיות

(1) $I = 1A$, $V_3 = 3V$

(2) $I = 2A$, $V_1 = 4V$, $V_2 = 6V$, $V_3 = 10V$



(3) א. $V = 2.5V$ ב. $I = 0.25A$

(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) $I = 5A$, $I_1 = 2.5A$, $I_2 = 2.5A$

$$I = \frac{40}{11} \text{ A}, \quad I_1 = \frac{10}{11} \text{ A}, \quad I_2 = \frac{30}{11} \text{ A} \quad (9)$$

$$R_T = \frac{66+24}{11} \quad (10)$$

$$V_{AB} = 12.49 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.67 \text{ A}, \quad I_2 \approx 1.46 \text{ A}, \quad I_3 \approx 0.79 \text{ A} \quad (11)$$

$$V_{AB} = -3.79 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.08 \text{ A}, \quad I_2 \approx 1.69 \text{ A}, \quad I_3 \approx -1.61 \text{ A} \quad (12)$$

$$A_1 = \frac{20}{3} \text{ A}, \quad A_2 = 5 \text{ A} \quad (13)$$

$$V_3 = 25 \text{ V}, \quad V_{1,2} = 6 \text{ V}, \quad I_1 = 3 \text{ A}, \quad I_2 = 2 \text{ A}, \quad \text{ב.} \quad R_T = \frac{31}{5} \Omega \quad \text{א.} \quad (14)$$



$$R_{T_1} = 3R, \quad R_{T_2} = \frac{3}{2}R, \quad R_{T_3} = \frac{R}{3} \quad (15)$$

16) ראו פתרון בווידאו.

$$R_T = \frac{169}{204} + 4 \quad (17)$$

18) הסברים בווידאו.

$$V = 20 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad \varepsilon = 22 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (19)$$

$$V_I = 20 \text{ V}, \quad V_2 = 18 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad r = 21 \Omega, \quad \varepsilon = 24 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (20)$$

21) א. ככל שההתנגדות השקולה נמוכה יותר, הזרם יהיה גבוה יותר.

לכן, הזרם הגבוה יהיה כאשר המפסק סגור.

$$r = 2 \Omega, \quad \varepsilon = 18 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad V_{AB} = 15 \text{ V} \quad \text{פתוח}, \quad V_{AB} = 14.4 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad \text{סגור}$$

$$\text{ד. האמפרמטר: } I = 9 \text{ A}, \quad \text{הוולטמטר: } V = 0$$

$$22) \text{ א. בנורה: } I = 1 \text{ A}, \text{ בסוללה: } I = \frac{8}{3} \text{ A} \quad \text{ב. בנורה: } \rho = 5 \text{ W}, \text{ בסוללה: } \rho = \frac{40}{3} \text{ W}$$

$$\text{ג. } \eta = 37.5\% \quad \text{ד. } 62.5\%$$

מכשירי מדידה

שאלות

(1) דוגמה 1

אמפרמטר מורכב מגליונומטר בעל התנגדות של 60 אוהם ומיצד בעל התנגדות של 3 אוהם.

א. מהי התנגדות האמפרמטר?

ב. מהו הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד האמפרמטר, אם הזרם המקסימאלי אותו יכול למדוד הגליונומטר הוא 2mA?

(2) דוגמה 2

גליונומטר מסוגל למדוד זרם מקסימלי של 5mA. התנגדות הגליונומטר היא 20 אוהם, והתנגדות המיצד היא 0.5 אוהם.

א. מהו הזרם המקסימאלי הניתן למדידה באמפרמטר?

ב. מה צריכה להיות התנגדות המיצד, על מנת שהזרם המקסימלי הנמדד באמפרמטר יהיה 505mA?

(3) דוגמה 3

נתון גליונומטר שהתנגדותו 50 אוהם והזרם המקסימאלי בו הוא 2mA. איזה נגד יש לחבר לגליונומטר בטור, כדי להפוך אותו לוולטמטר היכול למדוד מתח מקסימאלי של 5V?

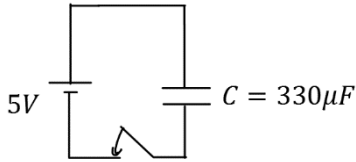
תשובות סופיות

(1) א. $\approx 2.86\Omega$ ב. 42A

(2) א. 205mA ב. 0.2Ω

(3) 2450 Ω

קבל וקיבול



1) דוגמה 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

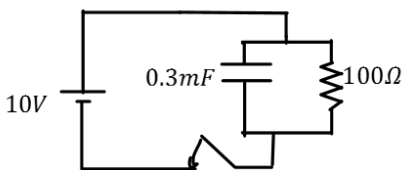
2) דוגמה 2- מוציאים מטען מהקבל

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?



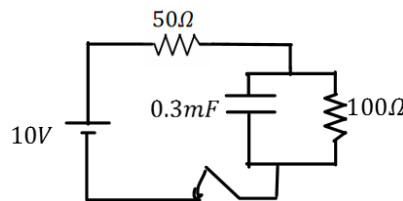
3) דוגמה 3- קבל במקביל לנגד

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).



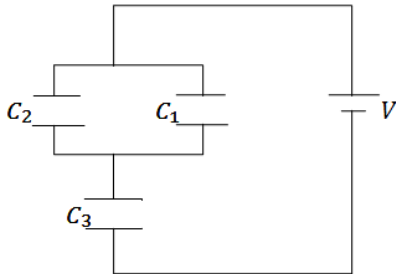
4) דוגמה - חישוב קיבול של קבל לוחות

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח 2 cm^2 ומרחק בין הלוחות 0.3 mm .

א. חשב את הקיבול של הקבל.

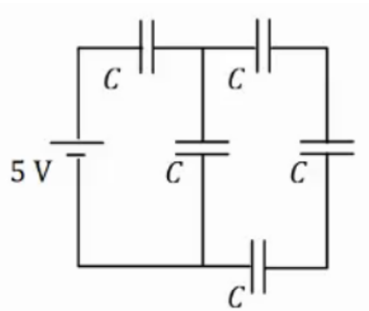
ב. מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב).

חיבור קבלים – במקביל ובטור



(5) דוגמה 1 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) דוגמה 2 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) דוגמה 3- מרחיקים לוחות בקבל

קבל לוחות מורכב מלוחות זהים בעלי שטח 3cm^2 ומרחק בין הלוחות 0.4mm .

- חשב את הקיבול של הקבל
- מה יהיה המטען על הקבל אם נחבר אותו למקור מתח $V = 3V$ (לאחר זמן רב).
- כעת מנתקים את הקבל ממקור המתח ומגדלים את המרחק בין הלוחות פי 2.
ג. מצא את הקיבול החדש.
- מצא את המטען והמתח על הקבל החדש.
- חזור על סעיפים ג ו-ד, אם היינו מרחיקים את הלוחות מבלי לנתק את מקור המתח.

האנרגיה האגורה בקבל

8) דוגמה 1 - 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) דוגמה 2 - 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 הלוחות 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.

חומרים דיאלקטריים בקבל

10) דוגמה 1 - מכניסים חומר לקבל בשתי דרכים

- קבל בעל קיבול של $5\mu\text{F}$ 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 $\epsilon_r = 1.2$ הממלא את כל הרווח בין הלוחות 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) דוגמה 2 - מכניסים ומוציאים חומר מקבל

קבל בעל קיבול של $8\mu\text{F}$ 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 $\epsilon_r = 1.4$ הממלא את כל הרווח בין לוחות הקבל.

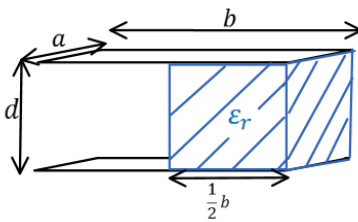
ב. בהנחה שהקבל מחובר למקור בכל התהליך. חשב את המתח המטען והאנרגיה בקבל לאחר זמן רב.

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) דוגמה 3- קבל עם חצי ימין מלא



קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$,

ומרחק d בין הלוחות. $a = 3\text{cm}$, $b = 4\text{cm}$, $d = 2\text{mm}$.

א. מצא את הקיבול של הקבל.

ממלאים את חציו הימני של הקבל בחומר דיאלקטרי

בעל מקדם $\epsilon_r = 3$ וחציו השמאלי נשאר ריק (ראה איור).

ב. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ג. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

13) דוגמה 4- קבל עם חלק ימין שונה מחלק שמאל

קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = a \times b$ ומרחק d בין הלוחות.

$a = 5\text{cm}$, $b = 6\text{cm}$, $d = 1\text{mm}$

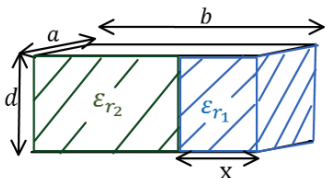
ממלאים את חלק של הקבל ברוחב $x = 1\text{cm}$ בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_{r1} = 4$,

ואת החלק הנותר בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_{r2} = 2$ (ראה איור)

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

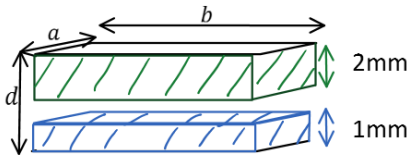


14) דוגמה 5-קבל עם שלושה חלקים אחד מעל השני

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 $\epsilon_{r1} = 4$.



את החלק מגובה 2mm ועד הלוח העליון ממלאים בחומר דיאלקטרי בעל מקדם $\epsilon_{r2} = 2$ (ראה איור).

א. מצא את הקיבול החדש של הקבל.

ב. מחברים את הקבל למקור מתח $V_0 = 5\text{V}$.

כמה מטען יהיה על כל לוח ומה תהיה האנרגיה של הקבל?

תשובות סופיות:

1) א. $I = 0$ ב. $|V_c| = 5\text{V}$ ג. 1.65mc ד. ללא שינוי.

2) א. $1.67\mu\text{F}$ ב. 1.8V

3) א. $V_c = V_0 = 10\text{V}$, $Q = 3\text{mc}$ ב. $I = 0.1\text{A}$ ג. $V_c = 6.7$, $Q = 2.01\text{mc}$ ד. $I = 0.067\text{A}$

4) א. $C \approx 5.9 \cdot 10^{-12}\text{F}$ ב. $Q = 17.7\text{pC}$

5) $q_3 = 7.5\mu\text{C}$, $q_1 = 3\mu\text{C}$, $q_2 = 4.5\mu\text{C}$

6) א. $C_T = 114\mu\text{F}$, $C_{T2} = \frac{4C}{3}$, $C_{T1} = \frac{C}{3}$ ב. $q_1 = q_T = 571\mu\text{C}$, $q_2 = q_3 = q_4 = q_{T1} = 143\mu\text{C}$

$V_1 = 2.86\text{V}$, $V_5 = 2.14\text{V}$, $V_2 = V_3 = V_4 = 0.715\text{V}$

7) א. $C = 6.64\text{pF}$ ב. $Q = 19.9\text{pc}$ ג. $C' = 3.32\text{pF}$ ד. $V' = 6\text{V}$, $Q' = 19.9\text{pc}$

ה. $C' = 3.32\text{pF}$ (ג) $Q' = 9.96\text{pc}$ (ד) $V' = 3\text{V}$

8) א. $C = 2.21\text{pF}$ ב. $U_c = 17.68 \cdot 10^{-12}\text{J}$

9) א. $C = 1.77\text{pF}$ ב. $U_c = 22.13\text{pj}$ ג. $\Delta U = -8.845\text{pj}$, $U'_c = 13.28$

ד. $\Delta U = -14.76\text{pj}$, $U'_c \approx 7.38\text{pj}$

10) א. $U_c = 3.6 \cdot 10^{-4}\text{J}$, $Q = 60\mu\text{C}$, $V_c = 12\text{V}$ ב. $Q' = 72\mu\text{C}$, $U'_c = 432\mu\text{J}$, $C' = 6\mu\text{F}$

ג. $\Delta U = 72\mu\text{J}$, $\Delta Q = 12\mu\text{C}$ ד. $U_c = 300\mu\text{J}$, $V' = 10\text{V}$

11) א. $U_c = 576\mu\text{J}$, $Q = 96\mu\text{F}$, $V_c = 12\text{V}$ ב. $U'_c = 806.4\mu\text{J}$, $Q' = 134.4\mu\text{F}$, $V'_c = 12\text{V}$

ג. $U'_c \approx 1129\mu\text{J}$, $Q'' = 134.4\mu\text{F}$, $V'_c = 16.8\text{V}$

ד. במעבר מסעיף א ל-ב: $\Delta U = 230.4\mu\text{J}$, במעבר מסעיף ב ל-ג: $\Delta U \approx 323\mu\text{J}$

12) א. $C = 5.31\text{pF}$ ב. $C_T = 10.62\text{pF}$ ג. $U_c = 132.75\text{pj}$

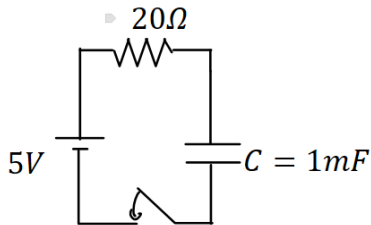
13) א. $C_T = 61.95\text{pF}$ ב. $U_c = 1548.75\text{pj}$, $Q = 309.75\text{pc}$

14) א. $C_T = 11.8\text{pF}$ ב. $U_c = 1.475 \cdot 10^{-7}\text{J}$, $q = 59 \cdot 10^{-9}\text{C}$

תהליכי טעינה ופריקה של קבל

(1) דוגמה 1-טעינה

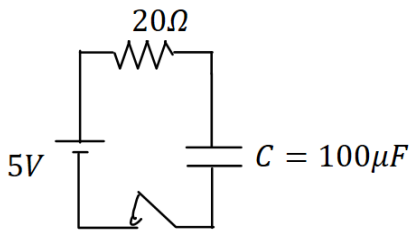
במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא $C = 1\mu F$ התנגדות הנגד היא $R = 20\Omega$ ומתח המקור הוא $V_0 = 5V$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$.



- מהו המטען על הקבל לאחר 0.01 שניות?
- המתח על הקבל באותו הרגע?
- מהם המטען והמתח על הקבל לאחר 0.1 שניות?

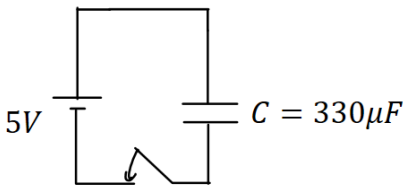
(2) דוגמה 2-זמן אופייני

במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא $C = 100\mu F$. התנגדות הנגד היא $R = 100\Omega$ ומתח המקור הוא $V_0 = 5V$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$. מהו המטען והמתח על הקבל לאחר 0.3 שניות?



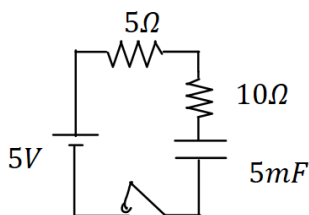
(3) דוגמה 3-חישוב זרם

במעגל הבא הקיבול של הקבל הוא $C = 330\mu F$. התנגדות הנגד היא $R = 33\Omega$ ומתח המקור הוא $V_0 = 5V$. סוגרים את המפסק ב- $t = 0$. א. מהו הזרם במעגל ב- $t = 0.05\text{sec}$? ב. מהו ההספק בנגד באותו הרגע?



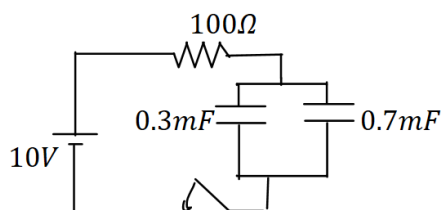
(4) דוגמה 4-שני נגדים

במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$. א. מהו הזמן האופייני במעגל? ב. מצא את המתח והזרם בקבל בזמנים $t = 0.01, 0.6\text{sec}$.



(5) דוגמה 5-שני קבלים

במעגל הבא סוגרים את המפסק ב- $t = 0$. א. מהו הזמן האופייני במעגל? ב. מצא את המתח והמטען בכל קבל בזמנים $t = 0.2, 0.8\text{sec}$.



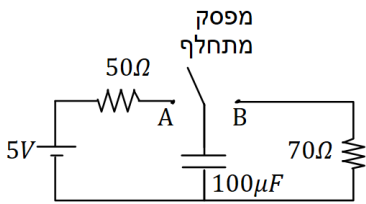
6) דוגמה 6 - דוגמה מסכמת

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.



7) תרגיל - מתג מתחלף

במעגל הבא מחברים ב- $t = 0$ את המפסק המתחלף לנקודה A.

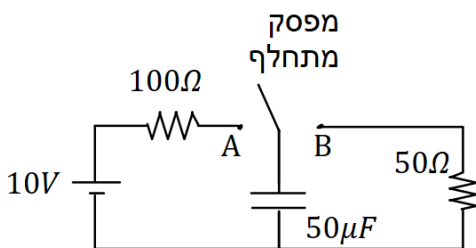
ב- $t = 0.01$ מעבירים את המפסק לנקודה B.

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.



8) תרגיל - קבל בטעינה ופריקה

בתרשים שלפניך נתון מעגל טעינה / פריקה של קבל C.

בטעינת הקבל הזרם מקבל ערך 0.3A כעבור 0.2sec מסגירת המעגל.

א. איזה מהמצבים A ו-B מתאים למעגל הטעינה, ואיזה למעגל הפריקה?

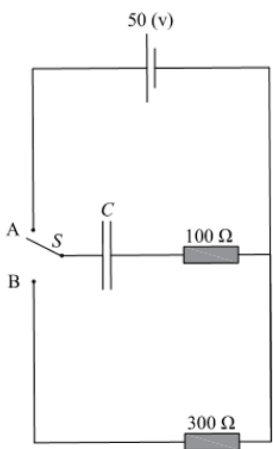
ב. חשב את הזרם ההתחלתי בטעינת הקבל?

ג. חשב את זמן הדעיכה של מעגל הטעינה?

ד. חשב את קיבול הקבל?

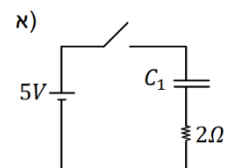
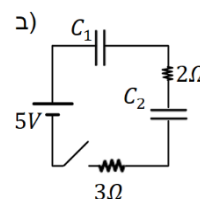
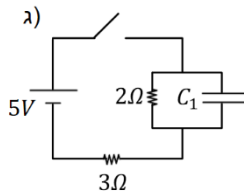
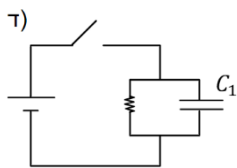
ה. כתוב את הביטוי שמתאר את הזרם בפריקה כפונקציה של זמן.

ו. חשב את הזרם כעבור 0.5 שניות מתחילת הפריקה?



9) דוגמה 1 - מציאת זרם במספר מעגלים

מצא את הזרם, בכל נגד, במעגלים הבאים, ברגע סגירת המתג. הנח שהקבלים אינם טעונים לפני הסגירה של המתג וכי הסוללה והחוטמים אידיאליים (אין התנגדות).



10) תרגיל – קבלים בהתחלה ולאחר זמן רב

נתוני הרכיבים במעגל הבא הם :

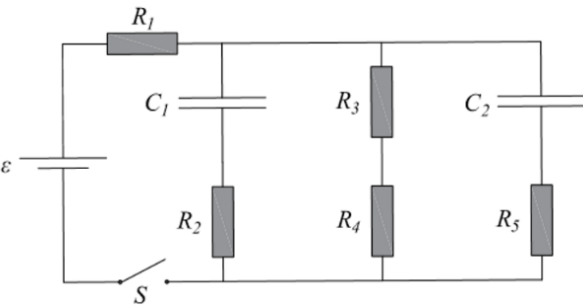
$$\varepsilon = 24V, R_1 = 4\Omega, R_2 = 3\Omega, R_3 = 2\Omega, R_4 = 1\Omega, R_5 = 6\Omega, C_1 = 2\mu F, C_2 = 4\mu F$$

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:

$$(1) \quad q_c(t=0.1) = 4.97 \cdot 10^{-3} \text{C}, \quad V_c = 4.97 \text{V} \quad \text{ג.} \quad V_c = 1.97 \text{V} \quad \text{ב.} \quad q_c(t) \approx 1.97 \cdot 10^{-3} \text{C} \quad \text{א.}$$

$$(2) \quad q_c = 5 \cdot 10^{-4} \text{C}, \quad V_c = 5 \text{V}$$

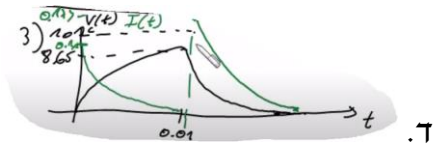
$$(3) \quad P \approx 0.305 \text{W} \quad \text{ב.} \quad I(0.005) \approx 0.096 \text{A} \quad \text{א.}$$

$$(4) \quad V_c \approx 0.624 \text{V}, \quad I(t=0.01) \approx 0.292 \text{A} \quad \text{ב.} \quad t = 0.075 \text{sec} \quad \text{א.}$$

$$(5) \quad V_T = 8.65 \text{V}, \quad q_1(t=0.2) = 2.60 \cdot 10^{-3} \text{C}, \quad q_2(t=0.8) = 6.01 \cdot 10^{-3} \text{C} \quad \text{ב.} \quad \tau = 0.1 \text{sec} \quad \text{א.}$$

$$(6) \quad V_c(t) = 5 \cdot e^{-\frac{t}{7 \cdot 10^{-3}}} \quad \text{ב.} \quad V_c(t) = 5 \text{V} \left(1 - e^{-\frac{t}{5 \cdot 10^{-3}}} \right) \quad \text{א.}$$

$$(7) \quad q_c(t=0.02) \approx 4.25 \cdot 10^{-4} \text{C} \quad \text{ב.} \quad V_c(t) = \begin{cases} 10 \left(1 - e^{-\frac{t}{0.005}} \right) & 0 < t < 0.01 \\ 8.65 \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01 < t \end{cases} \quad \text{א.}$$



$$V_c(t) = \begin{cases} \frac{10}{100} \cdot e^{-\frac{t}{0.005}} & 0 < t < 0.01 \\ \frac{8.65}{50} \cdot e^{-\frac{t-0.01}{0.0025}} & 0.01 < t \end{cases} \quad \text{ג.}$$

$$(8) \quad \tau \approx 0.392 \text{sec} \quad \text{ג.} \quad I(t=0) = 0.5 \text{A} \quad \text{ב.} \quad \text{א.} \quad \text{A} = \text{טעינה}, \quad \text{B} = \text{פריקה}, \quad \text{C} = 3.92 \text{mF} \quad \text{ד.}$$

$$I(t=0.5) \approx 0.091 \text{A} \quad \text{ו.} \quad I(t) = \frac{50}{400} e^{-\frac{t}{1.57}} \quad \text{ה.} \quad C = 3.92 \text{mF} \quad \text{ד.}$$

$$(9) \quad I = 2.5 \text{A} \quad \text{א.} \quad I = 1 \text{A} \quad \text{ב.} \quad I = \frac{5}{3} \text{A} \quad \text{ג.} \quad \text{ד.} \quad \text{אינסוף}$$

$$(10) \quad I_1 \approx 4.62 \text{A}, \quad I_2 \approx 1.85 \text{A}, \quad I_{3,4} = 1.85 \text{A}, \quad I_5 \approx 0.92 \text{A} \quad \text{א.}$$

$$\text{ב.} \quad \text{דרך } R_1, R_3, R_4, I \approx 3.43 \text{A}; \quad \text{דרך } R_2, I = 0.$$

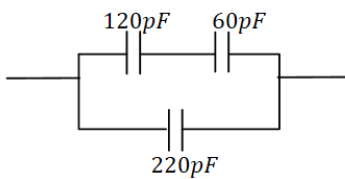
$$\text{ג.} \quad q_1 \approx 20.58 \cdot 10^{-6} \text{C}, \quad q_2 \approx 41.16 \cdot 10^{-6} \text{C}$$

תרגילים נוספים

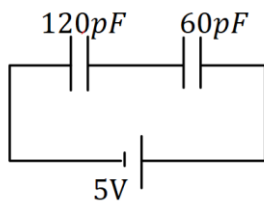
תרגילים ברמה א:

- (1) **תרגיל 1 - מציאת מטען**
מה המטען המצטבר על קבל של $C = 30\mu F$ לאחר זמן רב, אם נחבר אותו למתח של $10V$?

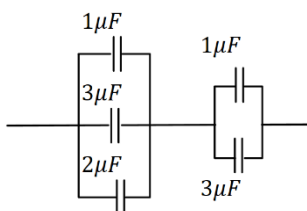
- (2) **תרגיל 2 - קבל לוחות**
קבל לוחות מורכב משני לוחות בעלי שטח $A = 4cm^2$, שביניהם מרחק של $d = 1mm$.
א. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות ריק?
ב. מה הקיבול של הקבל אם המרווח בין הלוחות מלא בחומר דיאלקטרי אחיד בעל מקדם $\epsilon_r = 2.5$?
ג. מצא את המטען על הקבל, עבור כל אחד מהמקרים בסעיפים הקודמים, אם מחברים את הקבל למקור מתח של $5V$.



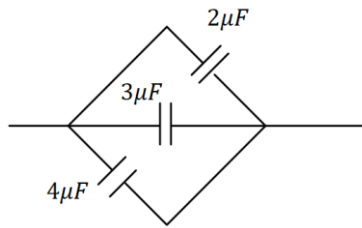
- (3) **תרגיל 3 - חיבור קבלים**
מצא את הקיבול השקול של החיבור הבא.



- (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.



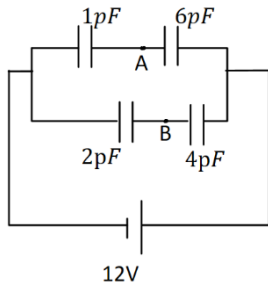
- (5) **תרגיל 5 - חיבור קבלים**
נתונה מערכת הקבלים הבאה:
א. מצא את הקיבול השקול בין שני הקצוות של החוט.
ב. מצא את המתח והמטען על כל קבל אם מחברים את הקצוות למקור מתח של $10V$.



(6) תרגיל 6 – יהלום

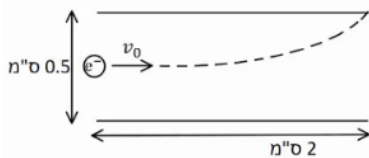
נתונה מערכת הקבלים הבאה:

- מצא את הקיבול השקול במקרה הבא
- 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:
- מצא את המתח על כל קבל והמטען על כל קבל. סמן על כל קבל היכן המטען החיובי.
 - מהו V_{AB} המתח בין הנקודות A ל-B?

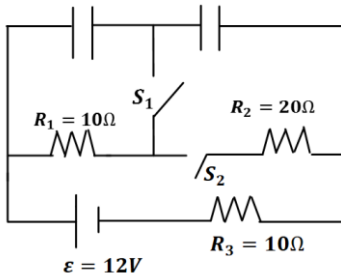


(8) תרגיל 8 - אלקטרון נכנס לקבל לוחות

- 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 $v_0 = 10^7 \frac{m}{s}$ (ראה איור).
- האלקטרון פוגע בדיוק בקצה הלוח העליון.
- חשב את השדה בין הלוחות (גודל וכיוון).
 - חשב את המתח אליו מחובר הקבל.

תרגילים ברמה ב

(9) תרגיל 1 – מעגלים



ענה על הסעיפים הבאים עבור המעגל שבציור, זמן רב לאחר סגירת או פתיחת המתגים.

- מה המתח והמטען על כל קבל, כאשר שני המפסקים פתוחים?
- סוגרים את S_1 . S_2 פתוח. מהו המתח והמטען של כל קבל?
- סוגרים את S_2 ופותחים את S_1 . מהו המתח על כל קבל?
- הפעם שניהם סגורים. מהו המתח והמטען על כל קבל?

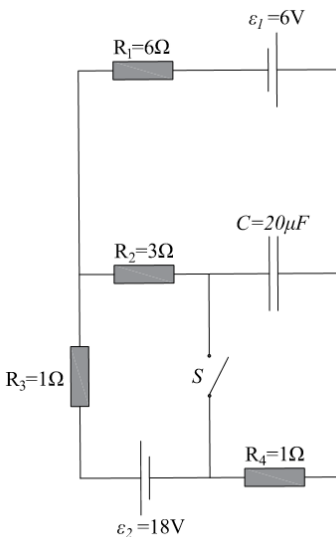
(10) תרגיל 2- מעגלים

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.

- מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שווי סימן מחוברים זה לזה?
- ללא קשר לסעיף א', מה יהיה המתח והמטען הסופי על כל קבל, אם הקבלים חוברו כאשר הדקים שונים 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 (לאחר זמן רב):

- מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחד מהנגדים?
- מהו המטען על לוחות הקבל.
- מהו גודל המתח בין הדקי המפסק הפתוח?
- סוגרים את המפסק S ומחכים להתייצבות המערכת.
- מהו הזרם החשמלי העובר דרך כל אחת מהנגדים?
- מהו המטען על לוחות הקבל?

12) תרגיל 4 - מעגלים חשמליים

נתונים שני קבלי לוחות, c_1 ו- c_2 , ששטח כל אחד מהם 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.

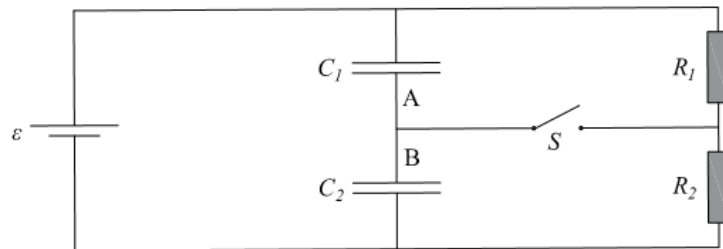
נתון: $\varepsilon = 12\text{V}$, $R_2 = 10\Omega$, $R_1 = 5\Omega$.

פתור את כל הסעיפים לאחר זמן רב.

ב. מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים, כאשר המספר S פתוח?

ג. כאשר המפסק S סגור, מהו הזרם דרך כל אחד מהנגדים?

ד. מהו סכום המטען שהצטבר על שני הלוחות A ו-B?



13) תרגיל 5- מעגלים חשמליים (עם מקור לא אידיאלי)

נתון המעגל החשמלי שבאיור.

לכל מקור יש התנגדות פנימית המצוינת מתחת לסימון המקור.
כאשר המפסק סגור:

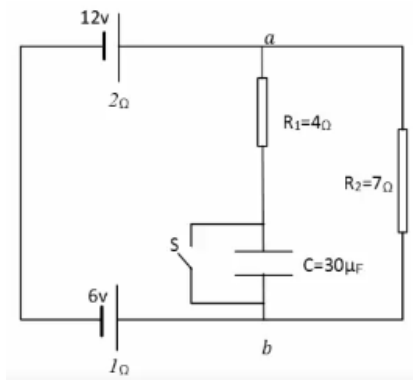
א. מהם הזרמים (גודל וכיוון) העוברים בנגדים?

ב. מהו המתח בין הנקודות a ו-b?

כעת פותחים את המפסק ומחכים זמן רב.

ג. מהם הזרמים (גודל וכיוון) העוברים 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 $C_1 = 3\mu\text{F}$, $C_2 = 2\mu\text{F}$,

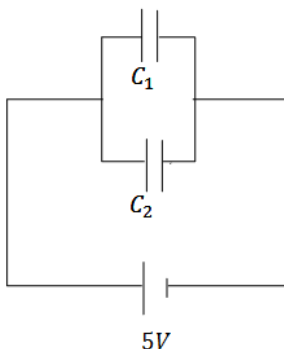
והמתח בסוללה הוא 5V .

לאחר שהקבלים נטענים מנתקים את המקור

ומחליפים אותו בקבל של $C_3 = 5\mu\text{F}$.

מצא את המטען המתח והאנרגיה של הקבל החדש,

לאחר שהמערכת מתייצבת.



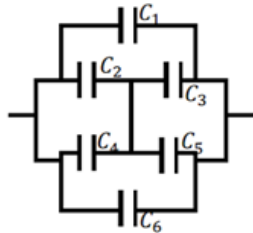
15) תרגיל 7- מרחיקים לוחות בקבל לוחות

קבל לוחות בעל אורך צלע $a = 2\text{cm}$ ומרחק בין הלוחות $d = 1\text{mm}$, נטען ע"י סוללה במתח 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.

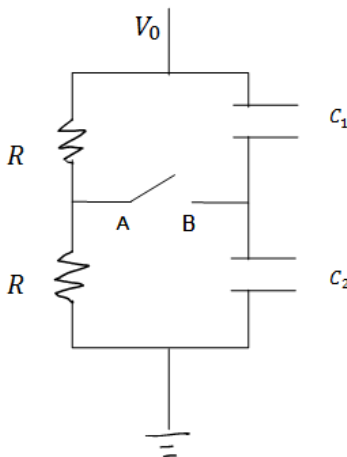
16) תרגיל 8- חיבור קונפיגורציית קבלים

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 הזזה של הנגדים. א. מצא את המתח (הפרש הפוטנציאלים) בין הנקודה A לנקודה B. ב. סוגרים את המפסק AB. כמה מטען עבר דרך המפסק עד שהמערכת התייצבה?



18) תרגיל 10- קבל עם פיסת מתכת

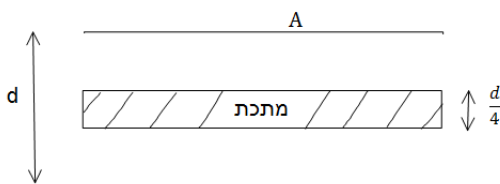
קבל לוחות מחובר למקור מתח V . שטח כל לוח בקבל הוא A , והמרחק בין הלוחות הוא d ($d \ll \sqrt{A}$).

א. מצא את המטען על הקבל, את השדה בתוך הקבל ואת האנרגיה של המערכת.

ב. כעת מכניסים לקבל פיסת מתכת בעובי $\frac{d}{4}$.

עם שטח A ממרכז הקבל. חזור על סעיף א.

ג. כעת מוציאים את המתכת, מחכים שהקבל יטען שוב ומנתקים את מקור המתח. לאחר הניתוק מכניסים את המתכת חזרה פעם שניה. חזור על סעיף א' (סעיף ב' אינו משפיע על סעיף ג').



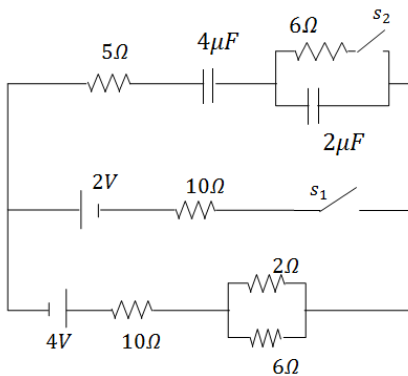
19) תרגיל 11

חשב את כל הזרמים במעגל ואת המטען על כל קבל במצב היציב, כאשר המפסקים במצב הבא:

א. s_1 פתוח ו- s_2 סגור.

ב. s_2 פתוח ו- s_1 סגור.

ג. שני המפסקים סגורים.



20) תרגיל 12 - שתי נורות

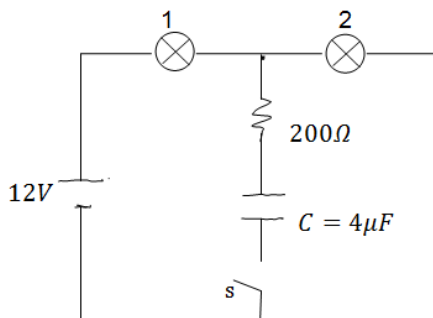
במעגל הבא הספק נורה מס' 1 במתח של 10V הוא 0.5W.
ההספק של נורה מס' 2, באותו המתח, הוא 0.4W.
התנגדות הנגד היא 200Ω.

א. חשב את ההתנגדות, המתח וההספק

החשמלי של כל נורה, כאשר המפסק פתוח.

ב. חשב את המתח על הקבל,

אם המפסק סגור והמערכת התייצבה.



תשובות סופיות:

$$Q = 0.3 \text{ mF} \quad (1)$$

$$Q_A = 17.7 \text{ pc}, \quad Q_B = 44.25 \text{ pc} \quad \text{ג.} \quad C' = 8.85 \text{ pF} \quad \text{ב.} \quad C = 3.54 \text{ pF} \quad \text{א.} \quad (2)$$

$$C_T = 260 \text{ pF} \quad (3)$$

$$Q_1 = Q_2 = 200 \text{ pc}, \quad V_{C_1} = 1.67 \text{ V}, \quad V_{C_2} = 3.33 \text{ V} \quad (4)$$

$$C_T = 2.4 \mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (5)$$

$$V_{4,5} = 6 \text{ V}, \quad V_{1,2,3} = 4 \text{ V}, \quad Q_1 = 4 \mu\text{C}, \quad Q_2 = 12 \mu\text{C}, \quad Q_3 = 8 \mu\text{C}, \quad Q_4 = 6 \mu\text{C}, \quad Q_5 = 18 \mu\text{C} \quad \text{ב.}$$

$$V_T = 10 \text{ V}, \quad Q_1 = 20 \mu\text{C}, \quad Q_2 = 30 \mu\text{C}, \quad Q_3 = 40 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad C_T = 9 \mu\text{F} \quad \text{א.} \quad (6)$$

$$\text{א.} \quad (7)$$

$$Q_{1,2} = 10.29 \mu\text{C}, \quad Q_{3,4} = 16 \mu\text{C}, \quad V_1 = 10.29 \text{ V}, \quad V_2 = 1.71 \text{ V}, \quad V_3 = 8 \text{ V}, \quad V_4 = 4 \text{ V}$$

$$V_{AB} = -2.28 \text{ V} \quad \text{ב.}$$

$$V \approx 35.5 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad \vec{E} \approx -7.12 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{y} \quad \text{א.} \quad (8)$$

$$V_{C_2} = 0, \quad V_{C_1} = 12 \text{ V}, \quad Q_1 = 36 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad Q_1 = Q_2 = 24 \mu\text{C}, \quad V_1 = 8 \text{ V}, \quad V_2 = 4 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (9)$$

$$V_{C_1} = 6 \text{ V}, \quad Q_{C_1} = 18 \mu\text{C}, \quad V_{C_2} = 3 \text{ V}, \quad Q_2 = 18 \mu\text{C} \quad \text{ד.} \quad Q_{1,2} = 18 \mu\text{C}, \quad V_1 = 6 \text{ V}, \quad V_2 = 3 \text{ V} \quad \text{ג.}$$

$$q_2 = 108 \mu\text{C}, \quad q_1 = 72 \mu\text{C}, \quad V_1 = V_2 = 10.8 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (10)$$

$$q_2 = 36 \mu\text{C}, \quad q_1 = 24 \mu\text{C}, \quad V_1 = V_2 = 2.4 \text{ V} \quad \text{ב.}$$

$$|V_s| = 15 \text{ V} \quad \text{ג.} \quad q_c = 240 \mu\text{C} \quad \text{ב.} \quad I = 3 \text{ A} \quad \text{א.} \quad (11)$$

$$q = 40.4 \mu\text{C} \quad \text{ה.} \quad I_1 = 2.52 \text{ A}, \quad I_2 = -3.87 \text{ A}, \quad I_3 = 6.39 \text{ A} \quad \text{ד.}$$

$$I = 0.8 \text{ A} \quad \text{ג.} \quad I = 0.8 \text{ A} \quad \text{ב.} \quad C_1 = 1.77 \cdot 10^{-10} \text{ F}, \quad C_2 = 0.59 \cdot 10^{-10} \text{ F} \quad \text{א.} \quad (12)$$

$$q_1 = 7.08 \cdot 10^{-10} \text{ C}, \quad q_2 = 4.72 \cdot 10^{-10} \text{ C} \quad \text{ד.}$$

$$I_1 = 0 \text{ A}, \quad I_2 = 0.6 \text{ A} \quad \text{ג.} \quad V_{ab} = 2.756 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad I_1 = 0.689 \text{ A}, \quad I_2 = 0.393 \text{ A} \quad \text{א.} \quad (13)$$

$$q = 1.26 \cdot 10^{-4} \text{ C}, \quad V_c = 4.2 \text{ V} \quad \text{ד.}$$

$$q_3 = 12.5 \mu\text{C}, \quad V_3 = 2.5 \text{ V}, \quad U = 15.625 \text{ J} \quad (14)$$

$$|W| = 31.86 \cdot 10^{-12} \text{ J} \quad \text{ג.} \quad U_{c_i} = 15.93 \cdot 10^{-12} \text{ J}, \quad U_{c_F} = 47.79 \cdot 10^{-12} \text{ J} \quad \text{ב.} \quad V' = 9 \text{ V} \quad \text{א.} \quad (15)$$

$$C_T = C_1 + C_6 + C_{2,3,4,5} \quad (16)$$

$$q_1 = \frac{C_1 V_0}{2}, \quad q_2 = \frac{C_2 V_0}{2}, \quad \Delta q = \frac{V_0}{2} (C_2 - C_1) \quad \text{ב.} \quad V_{AB} = \frac{V_0}{2} - \frac{V_0 C_2}{C_1 + C_2} \quad \text{א.} \quad (17)$$

$$q = CV = \frac{\epsilon_0 A}{d} V, \quad E = \frac{V}{d}, \quad U = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{d} V^2 \quad \text{א. (18)}$$

$$q_1 = q_2 = \frac{4\epsilon_0 AV}{3d}, \quad E_1 = E_2 = \frac{4V}{3d}, \quad U = \frac{1}{2} C_T V^2 = \frac{2\epsilon_0 A}{3d} V^2 \quad \text{ב.}$$

$$E_1 = E_2 = \frac{V}{d}, \quad U = \frac{3\epsilon_0 AV^2}{8d} \quad \text{ג.}$$

$$q_1 = \frac{136}{43} \mu\text{c} \quad \text{ג.} \quad I = \frac{12}{43} \text{A}, \quad q_1 = \frac{136}{129} \mu\text{c} \quad \text{ב.} \quad q_1 = C_1 \cdot V_1 = 16 \mu\text{c} \quad \text{א. (19)}$$

$$R_1 = 200\Omega, \quad R_2 = 250\Omega, \quad V_1 = 5.34\text{V}, \quad V_2 = 6.67\text{V}, \quad P_1 = 0.143\text{W}, \quad P_1 = 0.178\text{W} \quad \text{א. (20)}$$

$$V_c = V_2 = 6.68\text{V} \quad \text{ב.}$$

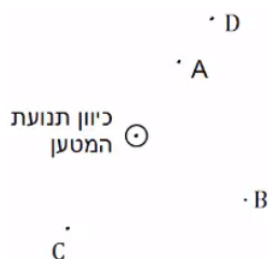
השדה המגנטי

שאלות

(1) דוגמה 1

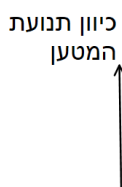
מטען נע מהדף אלינו.

צייר את כיוון השדה המגנטי בנקודות A, B, C, D.



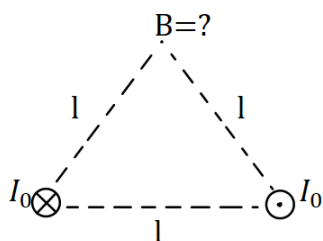
(2) דוגמה 2

מטען נע במישור הדף כלפי מעלה. מה כיוון השדה המגנטי שיוצר המטען משני הצדדים של הקו עליו נע המטען?



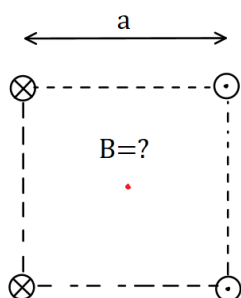
(3) דוגמה 3 - שדה בפינת משולש

במערכת הבאה ישנם שני תיילים אינסופיים הנושאים זרם $I_0 = 2A$. התיילים מונחים בקודקודי הבסיס של משולש שווה צלעות בעל אורך צלע $l = 20\text{ cm}$. התיילים מונחים במקביל כך שבאחד הזרם נכנס לתוך הדף ובשני יוצא מן הדף. חשב את השדה המגנטי בקודקוד השלישי של המשולש (גודל וכיוון).



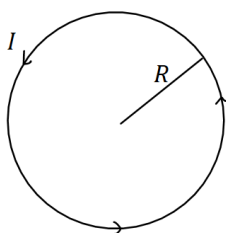
(4) דוגמה 4 - שדה במרכז ריבוע

במערכת הבאה ישנם ארבעה תיילים אינסופיים בפינותיו של ריבוע בעל אורך צלע $a = 10\text{ cm}$. 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 $R = 5\text{ cm}$ והזרם בה הוא $I = 0.2A$ בכיוון השעון.



(6) דוגמה 6- שדה של תיל וכדהא

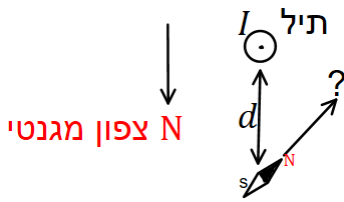
תיל ארוך מונח במאונך לפני כדור הארץ

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 $B_t = 2.9 \cdot 10^{-5} T$)



(7) תרגיל- שדה של שלושה תילים אינסופיים

שלושה תילים אינסופיים, המקבילים לציר ה- z ,

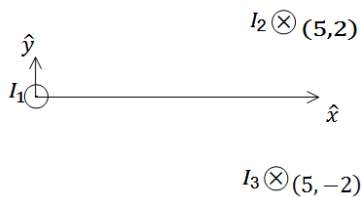
מונחים במיקומים הבאים:

$$\vec{r}_1(0,0), \vec{r}_2(5,2), \vec{r}_3(5,-2)$$

הזרמים בתילים הם $I_1 = 3A$ החוצה מהדף,

$I_2 = 5A$ לתוך הדף ו- $I_3 = 4A$ גם כן לתוך הדף.

מצא באיזה נקודה, לאורך ציר ה- x , מתאפס הרכיב של השדה המגנטי בכיוון y .



(8) תרגיל- מצולע עם n צלעות

במצולע משוכלל, (כל הצלעות שוות) בעל n צלעות, זורם זרם I .

נתון כי המצולע חסום ע"י מעגל ברדיוס R .

א. מהו השדה המגנטי במרכז המצולע?

ב. בדוק עבור $n \rightarrow \infty$.

(9) תרגיל- תיל בתוך סליל

סליל ארוך מאוד מונח כך שהציר המרכזי שלו לאורך ציר ה- z .

צפיפות הליפופים בסליל היא 15 ליפופים לס"מ והזרם בו הוא 25mA.

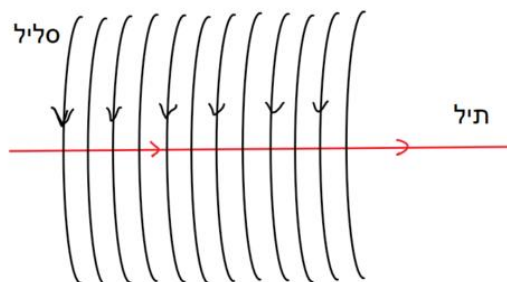
מניחים תיל ארוך מאוד בתוך הסליל ולאורך הציר המרכזי, שהזרם בו 8mA.

כיווני הזרמים מתוארים בתרשים.

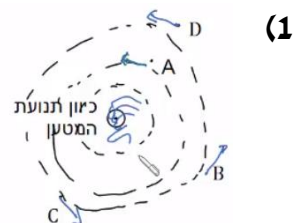
א. מהו המרחק הרדיאלי מהציר בו השדה המגנטי שנוצר יהיה בזווית 30

מעלות עם ציר ה- z ?

ב. מהו גודלו של השדה בנקודה זו?



תשובות סופיות



(2) מצד ימין השדה נכנס, מצד שמאל השדה יוצא.

(3) $\vec{B} = -2 \cdot 10^{-6} \hat{y}$

(4) $\vec{B} = -24.24 \cdot 10^{-6} T \hat{y}$

(5) $B = 8\pi \cdot 10^{-7} T$

(6) $\theta \approx 55.4^\circ$

(7) $x_1 = -2.76, x_2 = 5.26$

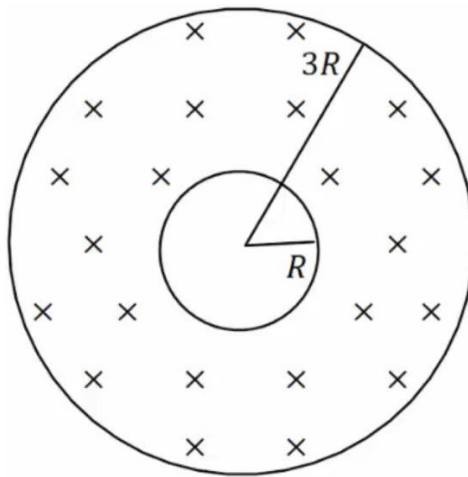
(8) $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ ב. $B = \frac{n\mu_0 I}{2\pi R} - \tan\left(\frac{\pi}{n}\right)$ א.

(9) $B = 5.44 \cdot 10^{-7}$ ב. $r = 5.89 \text{ mm}$ א.

חוק אמפר

שאלות

- 1) נתונה מעטפת גלילית, עבה ואינסופית, בעלת רדיוס פנימי R ורדיוס חיצוני של $3R$. במעטפת זורם זרם I , בהתפלגות (צפיפות) אחידה לתוך הדף.
 א. מצא את השדה המגנטי במרחק $2R$ ממרכז הקליפה.
 ב. מוסיפים תיל אינסופי במרכז המעטפת.
 מה צריך להיות הזרם בתיל (גודל וכיוון), כך שהשדה ב- $2R$ יתאפס?
 ג. מה השדה, במרחק $5R$, של המערכת (גליל + התיל שחישבת בסעיף הקודם)?



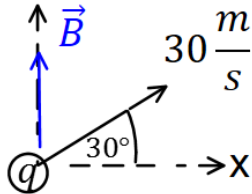
תשובות סופיות

1) א. $B = \frac{3\mu_0 I}{32\pi R}$ ב. $I' = -\frac{3}{8}I$ ג. $\frac{\mu_0 I}{16\pi R}$

הכוח על מטען בודד ותנועה בשדה

שאלות

(1) דוגמה 1



מטען $q = 2c$ נע במהירות $v = 30 \frac{m}{s}$ 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.

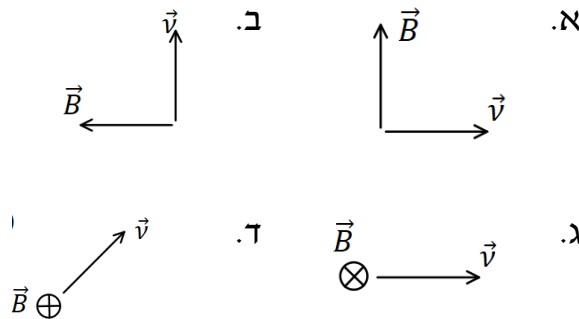
(2) דוגמה 2

מטען $q = 3c$ נע במהירות $\vec{v} = 2 \frac{m}{s} \hat{x} + 4 \frac{m}{s} \hat{y}$

במרחב ישנו שדה מגנטי אחיד $\vec{B} = 5T \hat{y}$. מצא את גודל הכוח המגנטי שפועל על המטען.

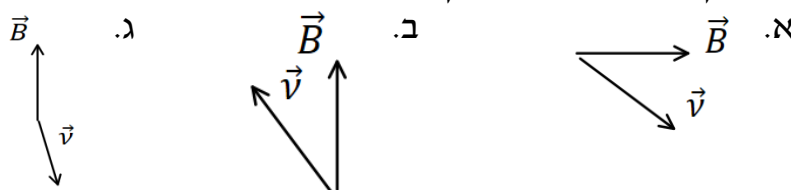
(3) דוגמה 3

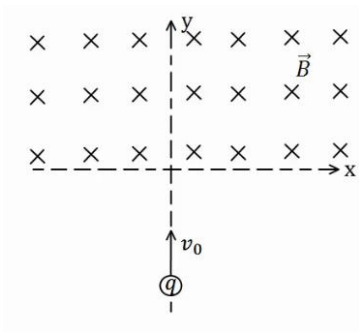
מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:



(4) דוגמה 4

מצא את כיוון הכוח המגנטי במקרים הבאים:





(5) דוגמה 5

מטען $q = 4e$ 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 $m = 10\text{gr}$ ומהירותו היא $v_0 = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

א. שרטט את תנועת המטען.

ב. מצא את המיקום בו יצא המטען מהתחום בו נמצא השדה המגנטי.

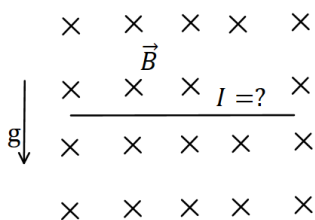
יישומים של הכוח המגנטי

נושא תיאורטי הסוקר את הנושאים הבאים:

- הציקלוטרון
- בורר מהירויות
- ספקטוגרף המסות

כוח על תיל נושא זרם ובין תילים

(6) דוגמה 7



תיל ישר נמצא במאונך לשדה מגנטי אחיד $B = 10^{-2}T$ לתוך הדף.

צפיפות המסה של התיל ליחידת אורך היא $\lambda = 20 \frac{\text{gr}}{\text{cm}}$.

מצא מה צריך להיות גודל וכיוון הזרם בתיל, כך שהתיל ירחף באוויר.

(7) דוגמה 8

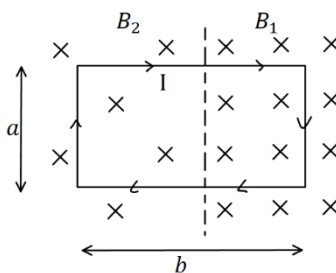
מסגרת מלבנית בעל צלעות a, b נמצאת במישור של הדף ובתוך שדה מגנטי שכיוונו לתוך הדף.

גודלו של השדה המגנטי אינו אחיד; המסגרת מונחת, כך שחלק מהמסגרת נמצא בשדה $B_1 = 4T$,

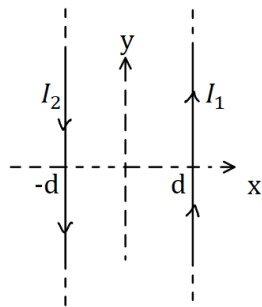
והחלק השני נמצא בשדה $B_2 = 3T$.

במסגרת זורם זרם $I = 2A$ עם כיוון השעון.

מצא את הכוח השקול הפועל על המסגרת ($a = 0.5\text{m}$).

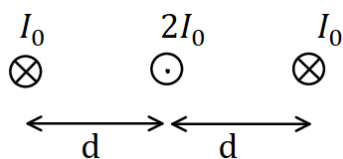


(8) דוגמה 9



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 $d = 20cm$?

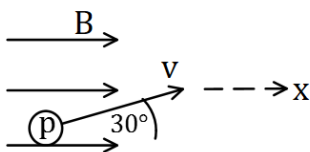
(9) דוגמה 10



שלושה תילים אינסופיים מונחים במקביל, כמתואר באיור.
המרחקים בין התילים קבועים ושווים ל- d .
הזרם בתיל האמצעי הוא $2I_0$ החוצה מהדף,
והזרם בתילים האחרים הוא I_0 לתוך הדף.
מהו הכוח על כל תיל?

תרגילים נוספים

(10) תרגיל 1

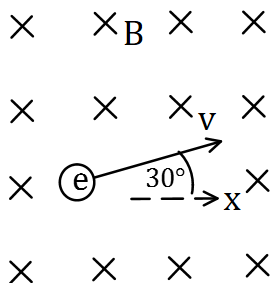


פרוטון נכנס לאזור בו ישנו שדה מגנטי אחיד
שעוצמתו $10T$ בכיוון ציר ה- x .
מהירות הפרוטון היא $10^6 \frac{m}{s}$ וכיוונה בזווית 30° מעלות ביחס לשדה.

א. מהו גודל וכיוון הכוח הפועל על הפרוטון?
ב. מהי תאוצת הפרוטון?

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

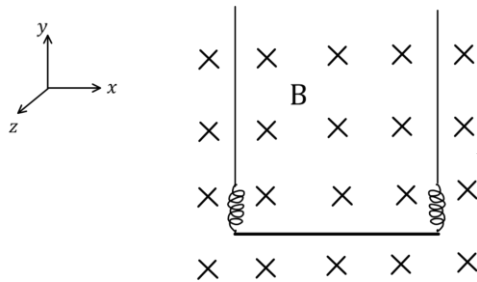
(11) תרגיל 2



אלקטרון נמצא בשדה מגנטי אחיד שגודלו $5 T$ וכיוונו לתוך הדף.
לאלקטרון מהירות $v_0 = 10^5 \frac{m}{s}$ 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?

$$q_e = -1.6 \cdot 10^{-19} C, \quad m_e = 9.1 \cdot 10^{-31} kg$$



12) תיל תלוי על ידי שני קפיצים

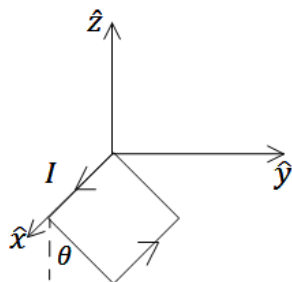
תיל מוליך נושא זרם תלוי לאורך ציר ה- x , על ידי שני תילים דקים ושני קפיצים זהים. בכל המרחב קיים שדה מגנטי אחיד לתוך הדף. אורך התיל המוליך הוא 0.4m ומסתו היא 0.03kg . גודל השדה המגנטי הוא $B = 0.2\text{T}$ וקבוע הקפיץ הוא $k = 10\text{N/m}$.

ניתן להזניח את השדות שיוצרים התילים האנכיים ואת הכוחות שהם מפעילים על התיל האופקי.

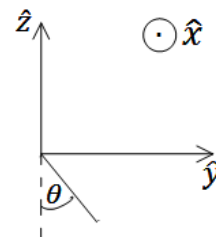
- מהו גודל וכיוון הזרם בתיל, אם ידוע שהתיל בשיווי משקל כאשר הקפיצים רפויים (לא מפעילים כוח)?
- בכמה יתארכו הקפיצים, אם יהפכו את הזרם בתיל?
- תזכורת: גודל הכוח שמפעיל קפיץ הוא $F = k\Delta l$, כאשר Δl היא ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי.

13) לולאה תלויה

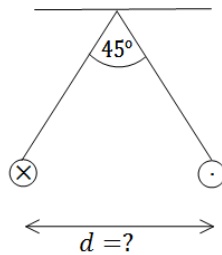
- לולאה ריבועית בעלת צלע a ומסה m תלויה על ציר ה- x (הצלע שנמצאת על הציר מקובעת לציר) ויכולה להסתובב סביבו. בלולאה זרם I , כך שהזרם בצלע שנמצאת על ציר ה- x חיובי (זרם בכיוון ציר ה- x).
- מצא את גודל השדה המגנטי שדרוש להפעיל בכיוון ציר ה- z על מנת שהלולאה תתייצב במנוחה בזווית θ ביחס לצר ה- x .
 - מצא את גודל השדה המגנטי, שדרוש להפעיל בכיוון ציר ה- y , על מנת שהלולאה תתייצב במנוחה בזווית θ ביחס לציר ה- z .



מבט תלת מימדי



מבט דו-מימדי



14) תרגיל - 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

$$\mu = 2 \frac{gr}{m}$$

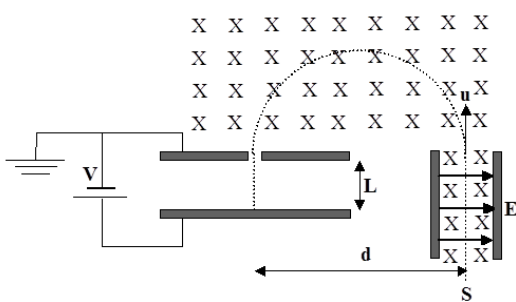
היא מצא את המרחק בין התילים.

15) תרגיל - בורר מהירויות ומתח עצירה

חלקיקים, בעלי מטען $+q$ ומסה m , נפלטים ממקור S במהירויות שונות ונכנסים אל בין לוחות קבל.

בין לוחות הקבל פועלים שדה חשמלי אחיד \vec{E} שכיוונו ימינה, ושדה מגנטי אחיד \vec{B} המכוון אל תוך הדף, כמו בתרשים.

השדה המגנטי פועל על החלקיקים גם לאחר יציאתם מהקבל.



במרחק d מנקודת היציאה של החלקיקים מהקבל נמצא נקב קטן, דרכו נכנסים החלקיקים אל תוך הקבל השני, אשר בין לוחותיו לא פועל שדה מגנטי. על הקבל השני מופעל מתח עצירה V .

ידוע כי המרחק בין לוחות הקבל השני הינו L . ניתן להזניח את כוח הכובד הפועל על חלקיקים.

נתונים: $\vec{B}, \vec{E}, m, q, L$.

א. באיזו מהירות u יוצאים החלקיקים מהקבל הראשון?

ב. מהו המרחק d (ראה ציור)?

ג. תוך כמה זמן משלים החלקיק את חצי הסיבוב?

ד. מה צריך להיות ערכו המינימלי של מתח העוצר V , המופעל על הקבל השני, כדי שהחלקיקים הנכנסים לתוכו יעצרו לחלוטין?

ה. מחברים את הקבל השני לסוללה, שמתחה גדול פי שתיים ממה שחישבת בסעיף ד'. תוך כמה זמן יעצור החלקיק מרגע כניסתו אל בין לוחות הקבל השני כעת?

תשובות סופיות

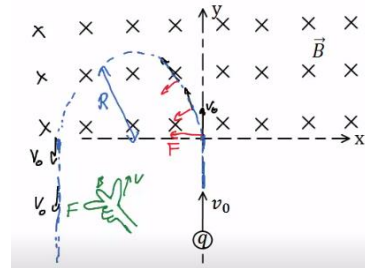
$$F_B \approx 207.8N \quad (1)$$

$$F_B = 30N \quad (2)$$

$$(3) \quad \vec{F} \odot \text{ א. } \vec{F} \odot \text{ ב. } \vec{F} \odot \text{ ג. } \vec{F} \uparrow \text{ ד.}$$

$$(4) \quad \vec{F} \odot \text{ א. } \vec{F} \odot \text{ ב. } \vec{F} \otimes \text{ ג. } \vec{F} \odot$$

$$(5) \quad \text{א. } x = -2\text{cm}, y = 0 \text{ ב.}$$



$$(6) \quad \text{כיוון: ימינה, גודל: } I = 2 \cdot 10^3 \text{ A.}$$

$$(7) \quad \sum F = 1N, \text{ ימינה.}$$

$$(8) \quad F_1 = 10^{-6} \hat{x}, F_2 = -10^{-6} \hat{x}$$

$$(9) \quad \sum F_1 = \frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d} \hat{x}, \quad \sum F_2 = 0, \quad \sum F_3 = -\frac{3\mu_0 I_0^2}{4\pi d} \hat{x}$$

$$(10) \quad \text{א. } F = 8 \cdot 10^{-13} \text{ N, כיוון: לתוך הדף. ב. } a = 4.79 \cdot 10^{14} \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$(11) \quad \text{א. } F = 8 \cdot 10^{-11} \text{ N, כיוון } 60^\circ \text{ מתחת לציר ה-} x \text{ ב. } R = 1.14 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

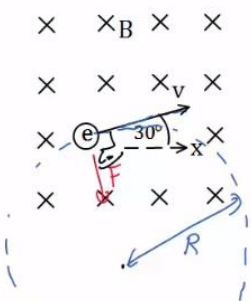
$$(12) \quad \text{א. } I = 3.75 \text{ A, בכיוון ציר ה-} x \text{ החיובי. ב. } \Delta l = 0.03 \text{ m}$$

$$(13) \quad \vec{B} = -\frac{mg}{2al} \hat{y} \text{ ב. } B_0 = \frac{mg}{2al} \tan \theta \text{ א.}$$

$$(14) \quad d = 0.241$$

$$(15) \quad \text{א. } u = \frac{E}{B} \text{ ב. } d = \frac{2mE}{qB^2} \text{ ג. } t = \frac{\pi}{qB} m$$

$$\text{ד. } V = \frac{mE^2}{2qB^2} \text{ ה. } t = \frac{BL}{E}$$



גלים מכניים חד-ממדיים

שאלות

(1) תרגול גל 1

פולס נע ימינה בחבל. מתוארת צורתו בשני זמנים שונים:



א. מה משרעת הפולס?

ב. מה מהירות התקדמותו?

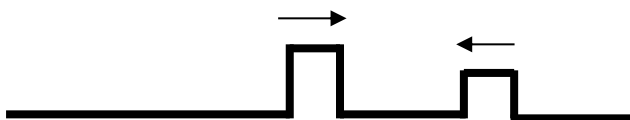
ג. מה כיוון תנועת החלקיק בחבל שנמצא בנקודה A ברגע $t = 0$?

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

(2) תרגול גל 2

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

שרטט את החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8 \text{ sec}$

ב. $t = 16 \text{ sec}$

ג. $t = 18 \text{ sec}$

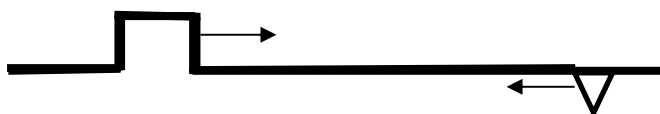
ד. $t = 22 \text{ sec}$

(3) תרגול גל 3

בחבל מייצרים שתי הפרעות שונות בשני קצותיו שמתקדמות אחת לקראת

השנייה, כמתואר בתרשים $v = 0.5 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$.

שרטט את צורת החבל בזמנים הבאים:



א. $t = 8 \text{ sec}$

ב. $t = 12 \text{ sec}$

ג. $t = 13 \text{ sec}$

ד. $t = 16 \text{ sec}$

(4) תרגול גל 4

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

א. קצה החבל קשור לקיר.

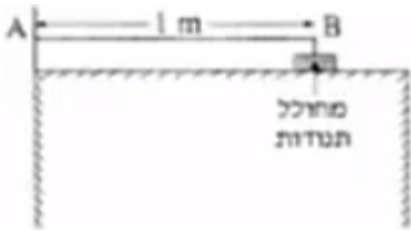
ב. קצה החבל מולבש על טבעת חופשיה למנוע על פני ציר שעובר דרכה.

ג. קצה החבל קשור לחבל כבד יותר.

ד. קצה החבל קשור לחבל קל יותר.

5) תרגול גל עומד

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



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

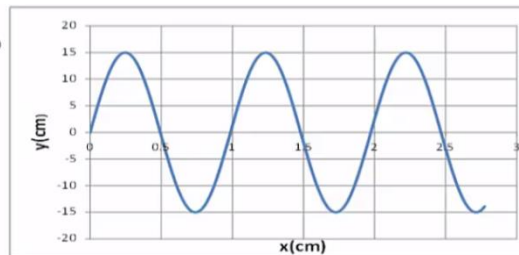
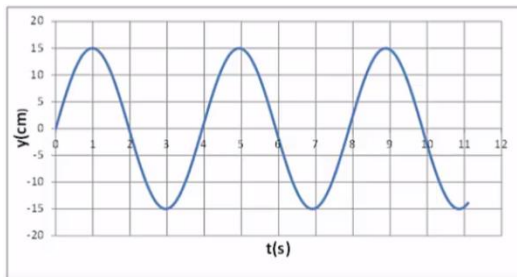
התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

- העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה את אורך הגל λ , לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט?
- רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$.
- מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB.
- 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

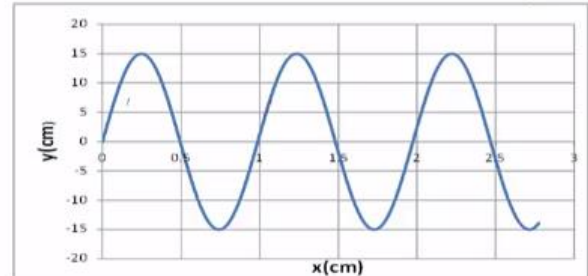
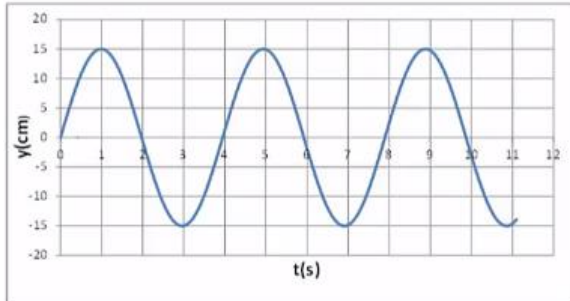
מופיעים לפניכם גרפי העתק זמן והעתק מקום של חבל מסוים.

- מהי משרעת הגל?
- מהו אורך הגל המתקדם בחבל?
- מה זמן המחזור של הגל?
- מה מהירות הגל?
- לאיזה נקודה/נקודות בחבל יכול להתאים גרף ההעתק זמן (השמאלי)?



7) תרגול גל מחזורי 2

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



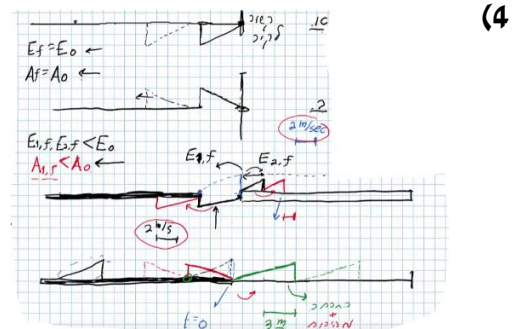
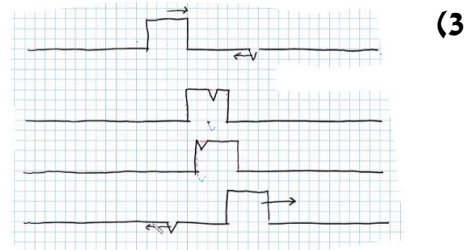
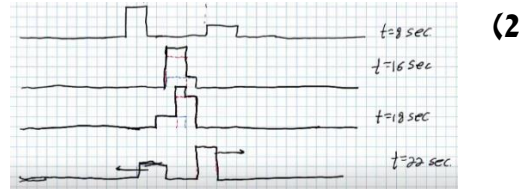
8) תרגול גל מחזורי 3

- לפניך שני תצלומים (נראים זהים). הימני : גל מתקדם ; השמאלי : גל עומד בקהל.
- קבע את אורך הגל של כל אחד מהגלים בחבל.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{4}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - שרטט את החבל $\frac{1}{2}$ זמן מחזור לאחר תצלום זה.
 - בחר בכל תצלום נקודה מימין ומשמאל למשרעת, וצייר את כיוון תנועתה מיד לאחר צילום זה.



תשובות סופיות

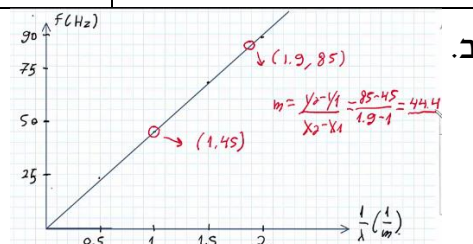
(1) א. $A = 0.3\text{m}$ ב. $V = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ג. למעלה. ד. למטה.



(5) א.

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

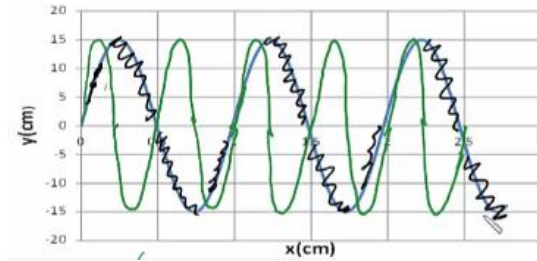
ג. $f = v \frac{1}{\lambda}$ ד. $f = 11\text{Hz}$



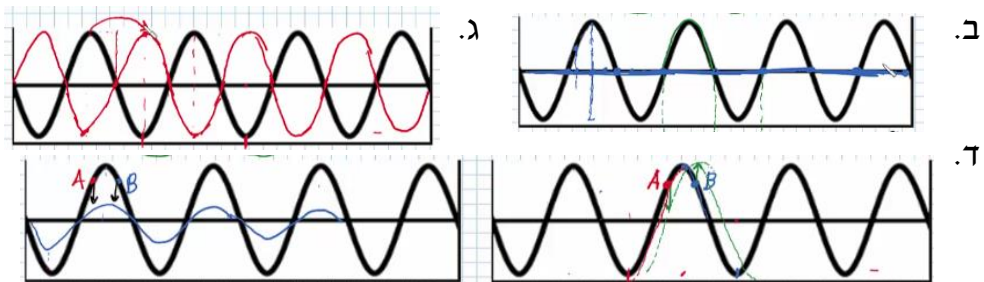
(6) א. $A = 0.15\text{m}$ ב. $\lambda = 1\text{m}$ ג. $t = 4\text{ s}$ ד. $v = 25 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$

ה. $(0.5, 0)$, $(1.5, 0)$, $(2.5, 0)$

(7) הגל הירוק בשרטוט:



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



מהירות ותדירות גל

שאלות

(1) תרגיל 1

מהירות גל במיתר מתוח היא 25 מ' לשנייה. קושרים את המיתר בין שני כנים, שהמרחק ביניהם הוא 3 מ'. מניעים את המיתר בעזרת מתנד. באיזו תדירות יש לנדנד אותו, כך שיוצר 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

(2) תרגיל 2

מיתר באורך של 90 ס"מ קשור בשני קצותיו. כשמנדנדים אותו בתדירות של 150 הרץ, נוצר בו גל עומד עם 8 נקודות צומת (כולל הקצוות). מהירות הגל במיתר היא:

א. $15.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ב. $38.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ג. $17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ד. $34.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ה. $24.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(3) תרגיל 3

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

א. $150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ב. $100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ג. $330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ד. $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

ה. $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(4) תרגיל 4

מיתר של גיטרה משמיע, עם הפריטה עליו, צליל בתדירות של 300 הרץ.
אם נרצה להפיק מהמיתר צליל בעל תדירות של 900 הרץ :
א. אין כל דרך להפיק את התדירות המבוקשת מהמיתר.
ב. יש להקטין את המתיחות במיתר פי 3.
ג. יש לקצר את המיתר פי 3.
ד. יש להאריך את המיתר פי 2.
ה. יש להגדיל את המתיחות פי 2.

תשובות סופיות

(1) א

(2) ב

(3) א

(4) ג

תכונות גלי המים

שאלות

(1) תרגיל החזרה גלים דו ממדיים

נתון אמבט הגלים הבא בו מתקדם גל ישר A_0B_0 . באמבט קיים גם מחסום.

א. הוסף לתרשים חץ המתאר את כיוון התקדמות הגל A_0B_0 .

ב. הוסף לתרשים את חזית הגל לאחר שהחזרה מהמחסום.

ג. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת

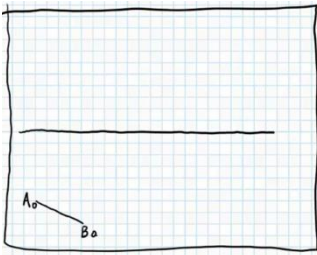
והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לאור.

ד. הוסף לתרשים חיצים המתארים את זוויות פגיעת

והחזרת הגל כפי שהן מוחזרות לגלי מים.

ה. הוסיפו לתרשים את חזית הגל,

ברגע שבו אמצע חזית הגל נוגעת במחסום.



(2) תרגול מעבר תווך גלי מים

נתון אמבט גלים בו נע גל לפי התרשים הבא. במרכז האמבט מוקם מחסום כך

שגובה המים בחלק הימני נמוך יותר. מקור גלים בקצה השמאלי של

האמבט מייצר גל ישר מחזורי בתדירות 4 הרץ.

מהירות הגל במים בחלק העמוק היא 20 ס"מ לשנייה.

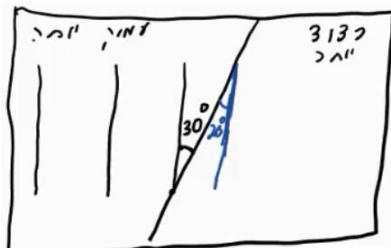
הגל מתקדם ועובר לתווך הימני כמתואר בתרשים.

א. מה מהירות גל המים בתווך הרדוד יותר?

ב. מהו אורך הגל λ_1 בחלק העמוק?

ג. מהו אורך הגל λ_2 בחלק הרדוד?

ד. הוסיפו לתרשים (איכותית) עוד 2 אורכי גלים לאחר מעבר גל המים לתווך הרדוד.



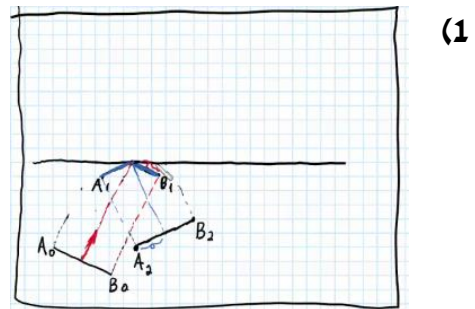
(3) תרגול אנרגיה ומשרעת של גל

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

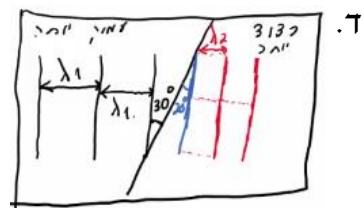
א. פי כמה תהיה קטנה האנרגיה שלו כשיתפשט לרדיוס של 15cm?

ב. מה תהיה משרעתו במצב זה?

תשובות סופיות



(2) א. $v_2 = 13.7 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ ב. $\lambda_1 = 5\text{cm}$ ג. $\lambda_2 = 3.42\text{cm}$



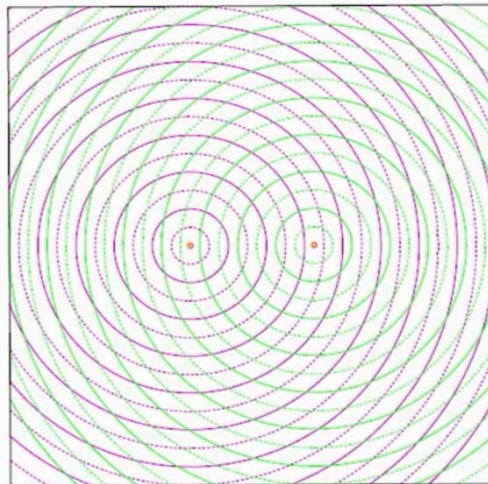
(3) א. 5 ב. 0.45cm

התאבכות גלי מים

שאלות

(1) 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.



(2) 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:

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

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

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

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

ג. כמה קווי מקסימום וכמה קווי מינימום יופיעו באמבט?

תשובות סופיות

(1) תשובה מלאה ומפורטת באתר.

(2) א. 1.2cm ב. A – מקסימום, B – נק' צומת, C – מקסימום, D – נק' ביניים.
ג. 11 קווי מקסימום, 12 קווי מינימום.

שאלות בהתאבכות גלי מים

שאלות

(1) שאלה 1 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל זהים, A ו- B , נמצאים בנקודות $(0,0)$ ו- $(6,0)$. המקורות משדרים באורך גל של 1 ס"מ לכל הכיוונים.

על ציר ה- y מתקבלת התאבכות בונה בנקודות הבאות (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. $(0,4.5)$ $(0,8)$ $(0,17.5)$

(2) שאלה 2 בהתאבכות גלי מים

שני מקורות גל, זהים ושווי-מופע, ממוקמים בנקודות $(0,0)$ ו- $(5,0)$ [בס"מ]. אורך הגל של כל אחד מהם הוא 2 ס"מ.

היכן, על ציר ה- y , תתקבל התאבכות בונה מסדר ראשון (בס"מ)?

א. $(5,2.5)$

ב. $(0,5.25)$

ג. $(0,6)$

ד. $(0,2.5)$

ה. $(0,-5.25)$

(3) 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.
אורך הגל, בקירוב, הוא (בס"מ):

א. 8.5

ב. 5

ג. 7.3

ד. 15

ה. 6.8

(4) 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 (במטרים)?

א. 1.67

ב. 0.62

ג. 2.79

ד. 6.83

ה. 1.23

תשובות סופיות

(1) א (באופן מלא), ו (חלקי).

(2) ב

(3) ה

(4) א

התאבכות אור מ-2 סדקים

שאלות

(1) התאבכות אור תרגיל 1

מאירים בלייזר בעל אורך גל 500 ננומטר לוחית בעלת 2 סדקים בעלי $d = 0.2\text{mm}$. במרחק $L = 3\text{m}$ נמצא מסך.

- מהו רוחב פס אור כל עוד אנחנו בזווית קטנות?
- מהו מרחקו ממרכז התבנית של מרכז פס האור מסדר רביעי?
- מהו מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של קו החושך מסדר שביעי?
- מה מרחקו ממרכז תבנית ההתאבכות של מרכז פס האור מסדר 200?

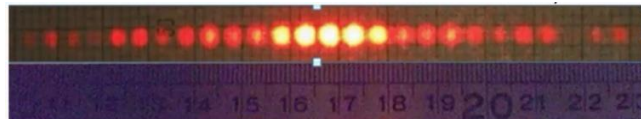
(2) התאבכות אור תרגיל 2

מאירים בלייזר ירוק, בעל אורך גל לא ידוע, על לוחית ובה 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.15 מ"מ. מניחים מסך שאורכו $h = 1\text{m}$ במרחק 3 מטר מהלוחית כך שמרכז המסך בדיוק מול הסדקים. הזווית למקסימום מסדר חמישי נמדדת ושווה ל-1 מעלה.

- מה אורך הגל של הלייזר?
- מה מרחקו של המינימום מסדר חמישי ממרכז המסך?
- כמה קווי חושך התקבלו על המסך?
- אם נחליף המסך במסך ארוך מאוד שיונח באותו מיקום, כמה פסי אור ייווצרו על המסך?

(3) התאבכות אור תרגיל 3

לוקחים לייזר אדום בעל אורך גל לא ידוע ומציבים לפניו לוחית בעלת 2 סדקים שהמרחק ביניהם 0.25 מ"מ. ממקמים מסך במרחק 1.8 מטר מהלוחית. על המסך מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה, לצד סרגל שהודבק למסך מראש.



- מצא את אורך הגל של הלייזר בדרך המדויקת ביותר.
- איזה מהנקודות בצילום הינה נקודת המקסימום המרכזי?
- לאיזה נקודה בצילום מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-3 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- לאיזה נקודה על המסך מגיע אור שמרחקו מאחד הסדקים גדול ב-4.5 אורכי גל מאשר מרחקו מהסדק השני?
- מהן 3 הדרכים אשר ניתן לצופף בהן את תבנית ההתאבכות?

תשובות סופיות

- (1) א. 7.5mm ב. 30mm ג. $\theta = 0.93^\circ$ ד. 1.73m
- (2) א. 524nm ב. 4.72cm ג. 94 קווי חושך. ד. 573 קווי אור.
- (3) א. 694nm ב. נק' האמצע, שבה האור החזק ביותר.
ג. הנק' השלישית משמאל לנק' האמצע. ד+ה. ראו בסרטון.

התאבכות אור במספר סדקים וסריג עקיפה

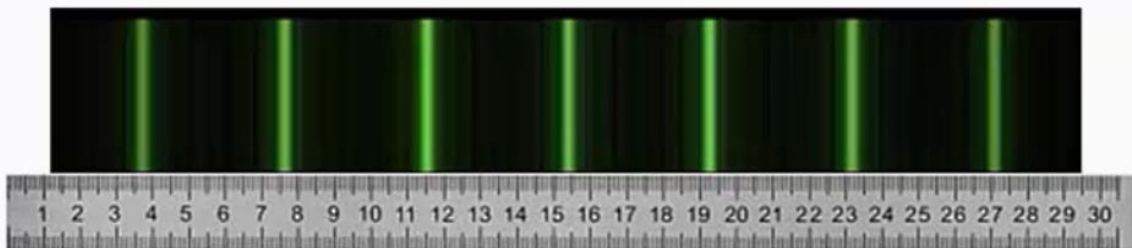
שאלות

(1) התאבכות אור בסריג – תרגיל 4

- מאירים בלייזר בעל אורך גל לא ידוע על סריג בעל קבוע של 100 חריצים למ"מ. מציבים מסך במרחק 1 מטר מהסריג כך שמרכזו מול מרכז הסריג ומול קרן הלייזר. אורך המסך 4 מטר. מיקומו של קו המקסימום הראשון נמדד ושווה ל- 6.5 ס"מ ממרכז המסך.
- מהו אורך הגל של הלייזר?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר שני?
 - מה מיקומו של קו המקסימום מסדר חמישי?
 - כמה קווי מקסימום יתקבלו על המסך?
 - בהנחה שמחליפים מסך זה במסך ארוך מאוד באותו המיקום, כמה קווי מקסימום יתקבלו עליו?

(2) התאבכות אור בסריג – תרגיל 5

- מאירים בלייזר ירוק בעל אורך גל 550 ננומטר, על סריג בעל קבוע לא ידוע ומציבים מסך במרחק 2.5 מטר מהסריג. על המסך שעליו מודבק סרגל מתקבלת התמונה הבאה.



- מצאו את קבוע הסריג בדרך המדויקת ביותר.
- באיזה זווית ביחס לאנך האמצעי יתקבל קו המקסימום מסדר 20?
- מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נחליף את הלייזר הירוק בלייזר כחול?

(3) התאבכות אור בסריג – תרגיל 6

- אור לבן פוגע בסריג עקיפה בעל קבוע 300 חריצים למ"מ. מסך ארוך מונח במרחק 2 מטר מהסריג.
- מה רוחב הפס הצבעוני מסדר ראשון?
 - מה הזווית שנפתחת בין המקסימום האדום מסדר שני, והסגול מסדר שני?
 - הוכח שקיימת חפיפה בצבעים בין הסדר השני לסדר השלישי.

תשובות סופיות

- (1) א. 649nm ב. 13cm ג. 34.3cm ד. 27 ה. 31
- (2) א. 282 חריצים לס"מ. ב. 18.1° ג. ראוי בסרטון.
- (3) א. 0.188m ב. 10.9° ג. הוכחה.

התאבכות אור בסדק יחיד וסיכום הנושא

שאלות

(1) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 1

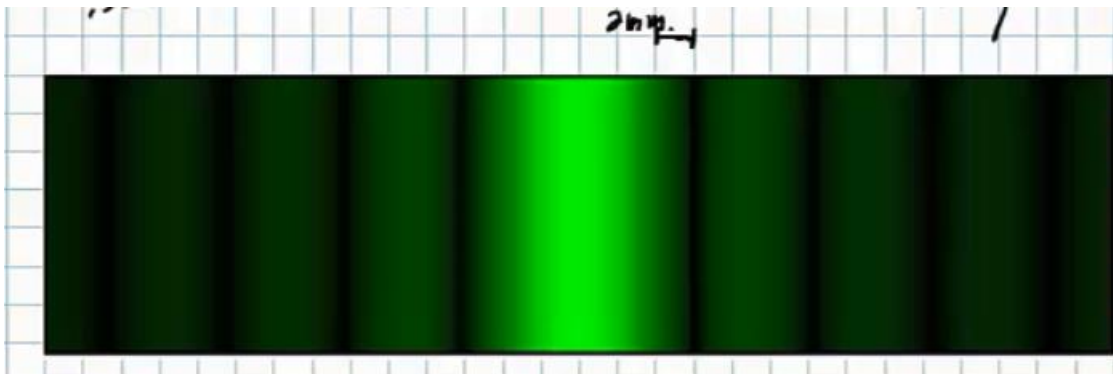
תלמיד מאיר בלייזר אדום בעל אורך גל 670 ננומטר סדק שרוחבו 0.3 מ"מ. תבנית עקיפה מתקבלת על מסך במרחק 1.5 מטר.

א. מה רוחבו של המקסימום המרכזי?

ב. מה רוחבו של מקסימום משני, מסדר נמוך?

(2) עקיפה מסדק יחיד – תרגיל 2

לוקחים לייזר ירוק בעל אורך גל 530 ננומטר. מציבים אותו לפני סדק בעל רוחב לא ידוע, ועל מסך משבצות במרחק 3 מטר מהסדק מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:



א. מה רוחב הסדק?

ב. כמה קווי צומת יתקבלו על מסך ארוך מאוד?

ג. מה יקרה לתבנית ההתאבכות אם נגדיל את רוחב הסדק?

תשובות סופיות

(1) א. 6.7mm ב. 3.35mm

(2) א. 0.265mm ב. $n = 500$, 1,000 קווי צומת בתבנית. ג. ראו בסרטון.

התאבכות גלי אור

שאלות

(1) שאלה בהתאבכות גלי אור

דרך משטח מישורי, עם שני סדקים צרים מאוד, מעבירים גל מישורי, בעל אורך גל λ , המתקדם בכיוון היוצר זווית קטנה, α , עם האנך למשטח. המרחק בין הסדקים הוא d , כאשר $d \gg \lambda$. מודדים את העוצמה במרכז לוח מישורי, הנמצא במרחק $L \gg d$ מהמשטח עם הסדקים. כלומר, בנקודה הנמצאת מול נקודת האמצע בין שני הסדקים. העוצמה הנמדדת היא 0. מהי הזווית הקטנה ביותר, α , המסבירה מדידה זו?

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| א. 0 | ב. $\frac{\lambda}{2d}$ |
| ג. $\frac{2\lambda}{\pi d}$ | ד. $\frac{2\lambda}{d}$ |
| ה. $\frac{2\pi\lambda}{2d}$ | ו. $\frac{\lambda}{\pi d}$ |

(2) שני גלים אלקטרומגנטיים, העוברים כל אחד דרך סדק, יוצרים תבנית התאבכות על פני מסך רחוק. הגל העובר דרך הסדק הראשון מתואר על ידי: $\vec{E}_1 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} \hat{x}$. הגל העובר דרך הסדק השני מתואר על ידי: $\vec{E}_2 = A_1 \cdot e^{i(kz - \omega t)} (-\hat{y})$. היחס בין העוצמה המקסימלית לעוצמה המינימלית הוא:

- א. $\sqrt{2}:1$
 ב. $1:0$
 ג. $1:1$
 ד. $2:1$
 ה. $4:1$
 ו. $3:2$

תשובות סופיות

- (1) ב
 (2) ב

גלי קול

שאלות

(1) שאלה 1 – גלי קול

אם נניח, כי עצמת סף השמע היא $10^{-16} \frac{W}{cm^2}$, מהי העוצמה ביחידות הנ"ל בסף

הכאב, 140dB? (כלומר, כמה $\frac{W}{cm^2}$ יש ב-140dB)

א. $14 \cdot 10^{-16} \frac{W}{cm^2}$

ב. $10^{-14} \frac{W}{cm^2}$

ג. $140 \frac{W}{cm^2}$

ד. $10^4 \frac{W}{cm^2}$

ה. $10^{-2} \frac{W}{cm^2}$

(2) שאלה 2 – גלי קול

פי כמה גדולה עוצמת קול של 100 דציבל, מעוצמת קול של 10 דציבל?

א. פי 10

ב. פי 100

ג. פי 1,000

ד. פי 10,000

ה. פי 1,000,000

ו. פי 1,000,000,000

ז. פי 10,000,000,000

(3) שאלה 3 – גלי קול

אם עצמת הקול המינימלית שבני אדם מסוגלים לשמוע ('סף השמע') היא $10^{-16} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, מהי עצמת הקול, באותן יחידות, ב-130 דציבל ('סף הכאב'), וכמה אנרגיה פוגעת בעור התוף, החשוף לעוצמה הזו (130dB) במשך שעה? נתון ששטחו של עור התוף הוא כ-0.7 סמ"ר.

- א. העוצמה היא $10^{-13} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, והאנרגיה בשעה היא 5.3J.
- ב. העוצמה היא $10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, והאנרגיה בשעה היא 5.3J.
- ג. העוצמה היא $130 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, והאנרגיה בשעה היא 75J.
- ד. העוצמה היא $1.3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, והאנרגיה בשעה היא 2.52J.
- ה. העוצמה היא $0.001 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$, והאנרגיה בשעה היא 2.52J.

(4) שאלה 4 – גלי קול

אם נניח כי עצמת סף השמע היא $10^{-16} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$ (ואט לסמ"ר), מהי העוצמה (I), ביחידות הנ"ל, ב-120dB, וכמה אנרגיה (E) פוגעת בעור התוף של אוזנו של אדם, החשוף לעצמת קול זו במשך 4 שעות? הניחו ששטחו של עור התוף הוא 0.7 סמ"ר.

- א. $E = 5.8\text{J}$ ו- $I = 12 \cdot 10^{-16} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$.
- ב. $E = 5.8\text{J}$ ו- $I = 13 \cdot 10^{-14} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$.
- ג. $E = 1.01\text{J}$ ו- $I = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$.
- ד. $E = 10.1\text{J}$ ו- $I = 10^{-4} \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$.
- ה. $E = 1.2 \cdot 10^6 \text{J}$ ו- $I = 120 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$.

(5) שאלה 5 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל, בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת שמגיעה שעור התוף של אוזנו היא $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ J}$. מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף, כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך 20 דקות?

- א. 0.08 J
- ב. 0.75 J
- ג. 25 J
- ד. $2.5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- ה. $5 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

(6) שאלה 6 – גלי קול

כאשר אדם נחשף לקול בעוצמה של 20 דציבל, בפרק זמן של שעה, כמות האנרגיה הכוללת שמגיעה שעור התוף של אוזנו היא $2.5 \cdot 10^{-11} \text{ J}$. מהי כמות האנרגיה הכוללת המגיעה לעור התוף, כאשר האוזן נחשפת לקול בעוצמה של 120 דציבל למשך 30 דקות?

- א. 0.125 J
- ב. 1.130 J
- ג. 37.52 J
- ד. $3.8 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
- ה. $7.5 \cdot 10^{-11} \text{ J}$

תשובות סופיות

- (1) ה
- (2) ו
- (3) ה
- (4) ג
- (5) א
- (6) א

אופטיקה

שאלות

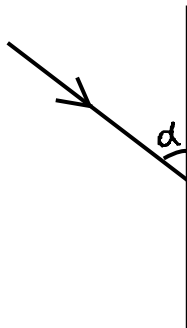
1) אור במרחב

- 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:
1. בעזרת שרטוט.
2. 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) אור במרחב 2

- מהירות האור בריק היא $C = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.
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



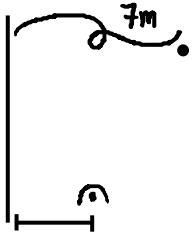
- נתון מקור אור הפולט אור ומולו מוצבת מראה.
הזווית α בשרטוט שווה 76° .
א. מה זווית ההחזרה של הקרן המשורטטת בתרשים?
ב. מצא, בעזרת שתי קרניים נוספות לבחירתך,
את מיקום הדמות המדומה של העצם הנ"ל.
ג. מצא את שדה הראייה של העצם הנ"ל.
ד. מכסים בבד סגול את החצי העליון של המראה.
האם עדיין תיווצר דמות של העצם?

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) חוק סנל 1

- קרן לייזר מתקדמת במים ($n_{water} = 1.33$), ופוגעת במשטח זכוכית ($n_{glass} = 1.5$).
 חלק מהקרן נשבר לזכוכית וחלק מוחזר.
 הזווית בין פני המים והקרן הפוגעת היא 60° .
 א. חשבו את זווית השבירה.
 ב. שרטטו את המקרה הנ"ל.

7) חוק סנל 2

$\theta_1 (^\circ)$	$\theta_2 (^\circ)$
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

- 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:
 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:

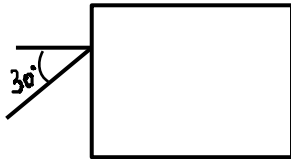
א. $\theta_1 = 0^\circ$

ב. $\theta_1 = 30^\circ$

ג. $\theta_2 = 70^\circ$

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 1

נתונה עדשה מרכזת בעלת מוקד $f = 8\text{cm}$.
נתון עצם, בגובה $H_0 = H\text{cm}$, המונח במרחק 12cm מהעדשה.
א. מצא בעזרת שרטוט את:

1. מיקום הדמות הנוצרת.

2. גובה הדמות.

3. ההגדלה הקווית.

ב. מצא בעזרת חישובים את:

1. מיקום הדמות.

2. גובה הדמות.

ג. מצא מה אופי הדמות.

ד. שרטט שתי קרניים היוצאות ממרכז העצם, פוגעות בעדשה וממשיכות לצדה השני.

11) עדשה מרכזת 2

- לעדשה מרכזת מרחק מוקד של 11cm .
מציבים עצם, שגובהו 5cm , במרחק 4cm מעדשה זו.
א. מצא בעזרת שרטוט את :
1. מרחק הדמות מהעדשה.
2. גובה הדמות.
3. ההגדלה הקווית.
ב. מצא בעזרת חישוב מספרי את :
1. מרחק הדמות מהעדשה.
2. 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 וילון זה. ומניחים אותו בין העצם ודמותו.
האם עכשיו ניתן לראות את דמות העצם?

12) עדשה מפזרת 1

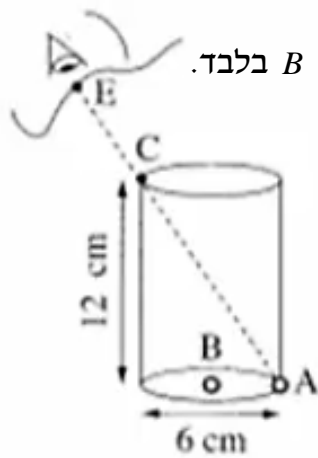
- נתונה עדשה שעוצמתה $C = 10D$.
לפני העדשה, במרחק $u = 8cm$, מניחים עצם שגובהו $H_0 = 4cm$.
א. מצא בעזרת חישוב את :
1. מיקום הדמות.
2. גובהה.
3. אופי הדמות.
ב. מצא בעזרת שרטוט את :
1. מיקום הדמות.
2. גובהה.
ג. מהיכן ניתן לראות את הקצה העליון של דמות העצם (שדה ראייה)?

(13) בגרות 2017 – שאלה 6

- רמי יושב ליד בריכה ריקה. בתחתית הבריכה הונח מטבע, אך ממקום מושבו של רמי לא ניתן היה לראות את המטבע כשהבריכה ריקה. התחילו למלא את הבריכה במים, וברגע מסוים ראה רמי את המטבע (רמי והמטבע לא זזו ממקומם). 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. לווה את תשובתך בסרטוט מהלך הקרניים.
- ג. נתון: קרן היוצאת מן המטבע, ומגיעה לעין של רמי, עוברת בתוך המים מרחק $d=0.61\text{m}$. זווית השבירה של קרן זו היא $\beta=13.6^\circ$. חשב את עומק המים.

(14) בגרות 2016 – שאלה 7

- בתרשים שלפניך מוצג כלי ריק בצורת גליל. גובה הכלי: 12cm , קוטרו: 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 הנקודה C, ומגיעה לעין התלמיד. סמן בתרשים שבמחברתך את זוויות הפגיעה (α) והשבירה (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 קביעתך באמצעות שרטוט 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 עת השולחן, והניחה אחת מעדשות המשקפיים מעל אחת הכפיות. בתרשים שלפניך נראה תצלום הכפיות והמשקפיים שצילמה התלמידה:



א. בכל אחת מן האפשרויות שלפניך, קבע מהו המאפיין הנכון של דמות הכפית הנראית מבעד לעדשה:

1. ישרה או הפוכה.
2. ממשית או מדומה.
3. מוגדלת או מוקטנת.

ב. האם העדשה מרכזת או מפזרת? נמק את תשובתך.

ג. מצא את דמות הכפית באמצעות שרטוט מדויק של מהלך שלוש קרניים.

ד. נתון: רוחק מוקד העדשה $|f| = 12\text{cm}$, מרחק העצם מהעדשה 6cm ,

גובה העצם 3cm .

בשרטוט, השתמש בקנה מידה של משבצת 1cm .

חשב, באמצעות נוסחאות, את גובה הדמות ואת מרחקה מהעדשה.

האם תוצאות החישוב מתאימות לאותם ערכים שהתקבלו בשרטוט?

16) בגרות 2015 – שאלה 7

ילד לובש חולצה, שעליה מודפסת האות F, ועומד מול מראה מישורית התלויה על קיר (ראה איור).



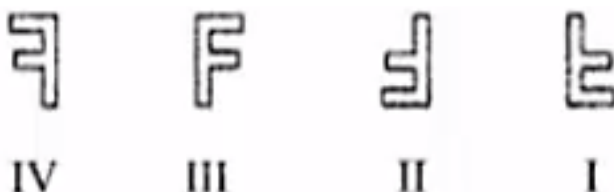
א. מהי התופעה הפיזיקלית שגורמת להשתקפות הילד רק במראה ולא בקיר?

ב. המרחק של הילד מן המראה היה 1m ,

והוא החל להתקרב אליה במהירות קבועה של $v = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

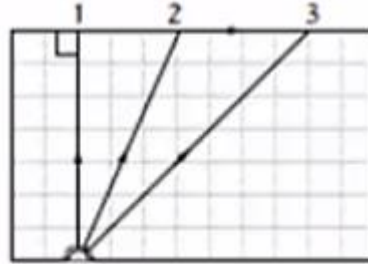
חשב בתוך כמה זמן יהיה המרחק בין הילד ובין דמותו 0.5m .

ג. לפניך ארבע צורות, I-IV, של האות F. העתק למחברתך את הופעת האות F, כפי שהילד שמסתכל במראה רואה אותה.



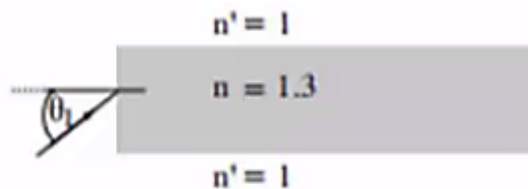
17 בגרות 2014 – שאלה 7

מקור אור נקודתי נמצא בתוך מנסרה מלבנית (תיבה), העשויה מחומר שקוף. המנסרה נמצאת באוויר. בתרשים 1 מוצג חתך של המנסה, המקביל לשתיים מדופנות המנסרה, ולכן מוצג בו מהלכן של שלוש קרניים, 1, 2 ו-3, שמקורן במקור האור. זווית השבירה של קרן 2 היא 90° בקירוב.



תרשים 1

- העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו במדויק את המשך המהלך של קרן 1 ושל קרן 3. הסבר את שיקולך.
- על פי התרשים, חשב את הזווית הגבולית (קריטית), למעבר אור, מן החומר השקוף לאוויר.
- אפשר להעביר מידע למרחקים גדולים באמצעות סיבים אופטיים, שאור מתפשט דרכם כמעט בלי הפסד 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 .



תרשים 2

- כאשר האור נכנס לסיב מהצד (כמתואר בתרשים 2), זווית הפגיעה θ_1 צריכה להיות קטנה מ- 75° , כדי למנוע דליפת אור מהסיב לאוויר. הסבר מדוע. בתשובתך היעזר בתרשים.

(18) בגרות 2014 – שאלה 6

יאיר יושב במוכנית 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.

ב. לאחר שיאיר הדליק את הנורה, הוא התבונן בשמשת החלון של מכוניתו. הוא לא ראה את הסביבה שבחוץ, אלא את דמותו המשתקפת בשמשת החלון. הסבר, באמצעות תרשים, כיצד נוצרת הדמות המשתקפת בשמשת החלון.

ג. יאיר מאס בפקקי התנועה שבכבישים, והחליט לנסוע ברכבת. כשבתוך 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. מדוע ברכבת הבחין יאיר בשתי דמויות, ולא בדמות אחת, כפי שראה במכוניתו? פרט את תשובתך.

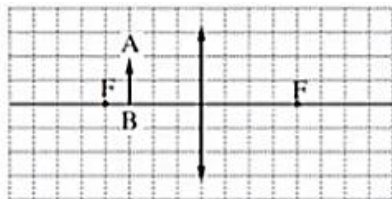
ד. באותם תנאי תאורה הכניסו נייר שחור למרווח שבין שני לוחות הזכוכית. הנייר אוטם את כל המרווח. כמה דמויות השתקפו בחלון? נמק.

(19) בגרות 2013 – שאלה 6

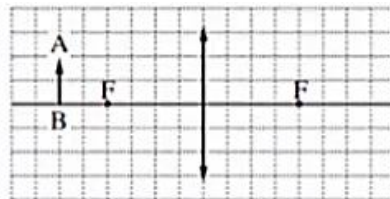
אדם המרכיב משקפיים, עם עדשות מרכזות זהות, רואה בעזרתם את הדמות המדומה של העצם.

א. הסבר את המושגים "דמות ממשית" ו"דמות מדומה".
בהסברך תוכל להיעזר בתרשימים.

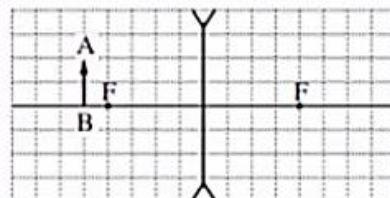
ב. בתרשימים א-ג החץ AB מייצג את העצם. קבע איזה תרשים מתאים לתיאור שבפתיח. נמק את קביעתך.



תרשים ב



תרשים א

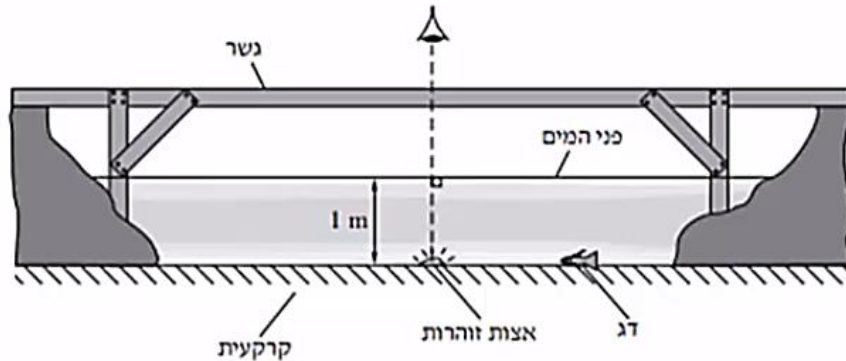


תרשים ג

ג. עוצמת העדשה היא 2 דיופטרים. מהו רוחק המוקד של העדשה?
ד. המרחק בין הדמות לעדשה הוא 60cm. חשב את המרחק בין העצם לעדשה.

(20) 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 2 מטר. מקדם השבירה של מי הבריכה, ביחס לאוויר, הוא $n = 1.33$. מעל הבריכה נמתח גשר, שממנו המבקרים יכולים לצפות בה (ראה תרשים). התייחס למושבת האצות כאל מקור אור נקודתי.

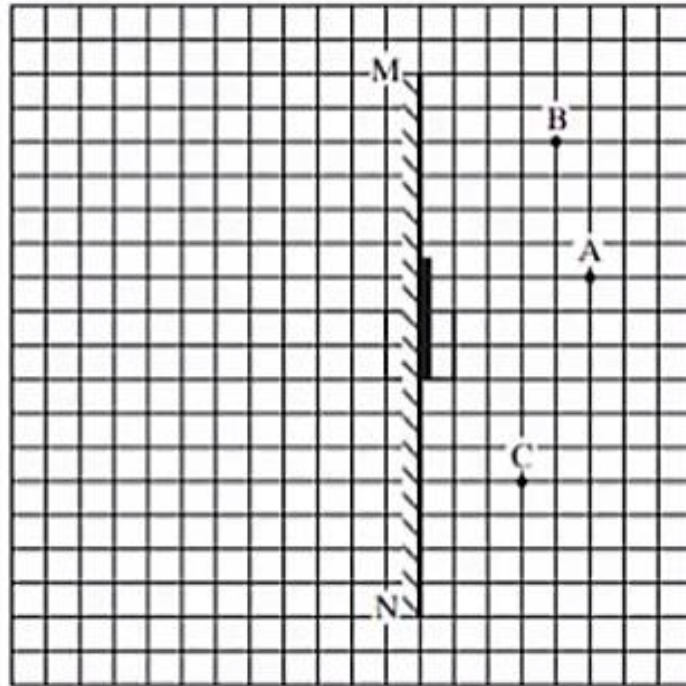


- א. האור שנפלט ממושבת האצות לעבר פני המים עובר לאוויר דרך משטח מעגלי של פני המים.
הסבר מדוע. היעזר בתרשים מתאים.
- ב. חשב את הרדיוס של המשטח המעגלי שהאור עובר דרכו לאוויר.
- ג. אדם הניצב על הגשר, בדיוק מעל מושבת האצות, רואה אותה בעומק קטן יותר מהעומק האמיתי שהיא נמצאת בו.
הסבר מדוע.
- ד. דג השוחה על 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 נמצא בעומק של 1 מטר, והמרחק בינו לבין מושבת האצות קטן יותר מהמרחק שחישבת בסעיף ד, הוא עדיין רואה את השתקפות האצות בפני המים.
הסבר מדוע.

(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 את הדמות של העצם?
- ג. באיור שלפניך מתואר חתך של מראה מישורית MN, המכוסה במרכזת בכיסוי בד אטום. בנקודה A נמצא עצם נקודתי.
בכל אחת מהנקודות B ו-C נמצא צופה (צופה B, צופה C).
הנקודות A, B ו-C, נמצאות על אותו מישור.

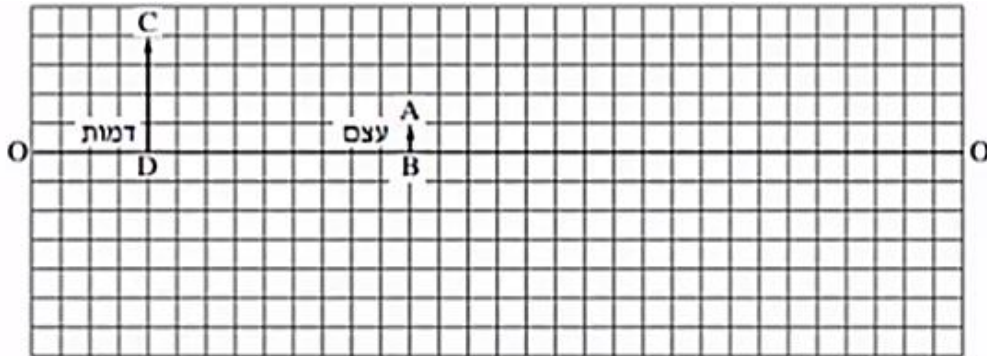


- ד. העתק אל מחברתך את התרשים, כך שכל משבצת בתרשים – תיוצג על די משבצת במחברתך.
האם צופה B וצופה C רואים את הדמות A באותו מקום? הסבר.
- ה. צלע של משבצת אחת מייצגת מרחק של 20 ס"מ במציאות.
חשב את המרחק של הצופה הנמצא בנקודה C מהדמות של העצם A.
- ו. צופה C מביט אל עבר המראה, אך אינו רואה בה את דמות העין 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 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 ששרטטת כדי לענות על סעיפים ב-ג:

ב. מצא, בעזרת שרטוט של מהלך קרני האור, את מיקום העדשה, והוסף אותה לתרשים.

ג. מצא את רוחק המוקד של העדשה בשתי דרכים:

1. שרטוט של מהלך קרני האור.

2. חישוב.

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

קבע מהו u_1 . נמק.

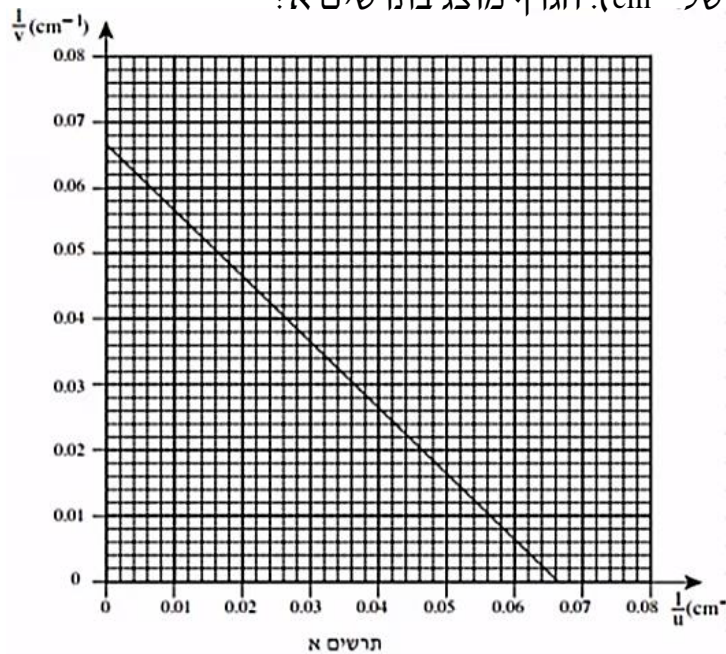
ה. כשהמרחק בין העצם לעדשה שווה לערך מסוים u_2 , הגדול מ- u_1 ,

נוצרת דמות באותו גובה של הדמות CD שבתרשים.

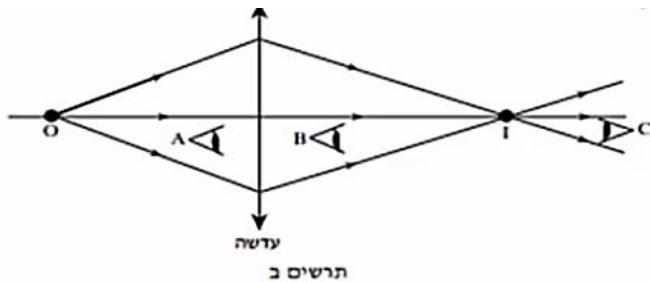
מצא את u_2 .

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 שרטט גרף של $\frac{1}{v}$ (ביחידות של cm^{-1}). הגרף מוצג בתרשים א:

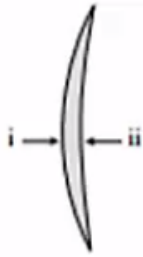


- הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר.
- מצא בעזרת הגרף את רוחק המוקד של העדשה. פרט את חישוביך.
- כאשר הציב ברק את מקור האור במרחק 10 ס"מ מן העדשה, הוא לא הצליח למקם את המסך כך שתתקבל עליו דמות חדה של מקור האור. הסבר מדוע.
- בתרשים ב שלפניך מתואר עצם נקודתי O ודמותו I, הנוצרת על ידי עדשה מרכזת דקה.



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 עדשת זכוכית קמורה-קעורה דקה. מטילים על העדשה פעמיים אלומת אור מקבילה ואופקית, המתפשטת באוויר:



תרשים ג

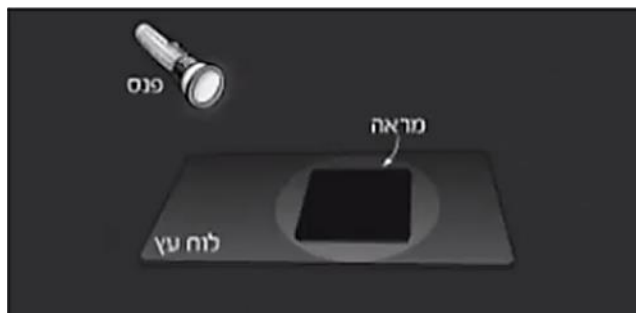
- i. אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקמור.
- ii. אלומת האור פוגעת תחילה במשטח הקעור.

העתק למחברתך את המספר של המשפט הנכון מבין המשפטים שלפניך:

1. העדשה מרכזת את האור בשני המקרים.
2. העדשה מרכזת את האור במקרה i ומפזרת אותו במקרה ii.
3. העדשה מפזרת את האור במקרה i ומרכזת אותו במקרה ii.
4. העדשה מפזרת את האור בשני המקרים.

24 בגרות 2007 – שאלה 2

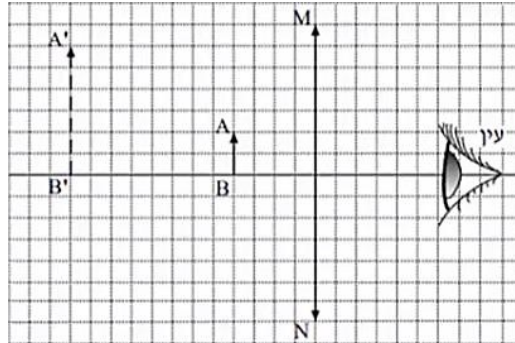
- על ספסל אופטי המונח על שולחן, מציבים מקור אור שצורתו מלבן (מלבן מלא), עדשה מרכזת שרוחק המוקד שלה הוא $f = 30$ ומסך. מקור האור, העדשה והמסך – מקבילים זה לזה. שתיים מהצלעות של מקור האור המלבני מאונכות לשולחן. הדמות של מקור האור מתקבלת על המסך, וגובהה גדול פי 2 מהגובה של מקור האור.
- א. חשב את המרחק של 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? אם יש יותר מאפשרות אחת, כתוב את כולן.
 - ד. האיור שלפניך הוא העתק של תצלום, שבו מראה מישורית מונחת על לוח-עץ ופנס. הפנס פולט אלומת אור הפוגעת בלוח העץ ובמראה שעליו. מלבד הפנס אין מקורות אור נוספים.



- מדוע המראה שבתצלום נראית חשוכה, ואילו החלק של לוח העץ – שבו פוגעת אלומת האור – נראה מואר?

25) בגרות 2004 – שאלה 1

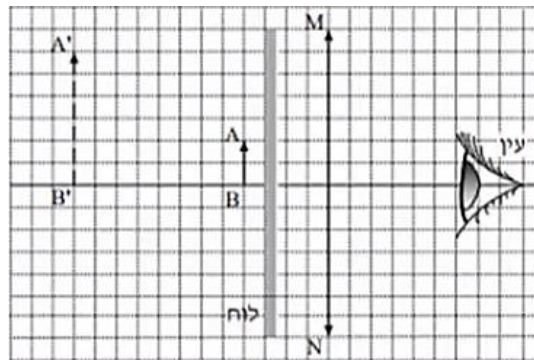
בתרשים א מוצגת מערכת, ובה עדשה מרכזת MN, הציר האופטי שלה, בול דואר, AB, הדמות של הבול, A'B', הנוצרת על ידי העדשה, ועין הצופה המתבונן בבול. אורך הצלע של כל משבצת בתרשים מייצג מרחק של 5 ס"מ במציאות.



תרשים א

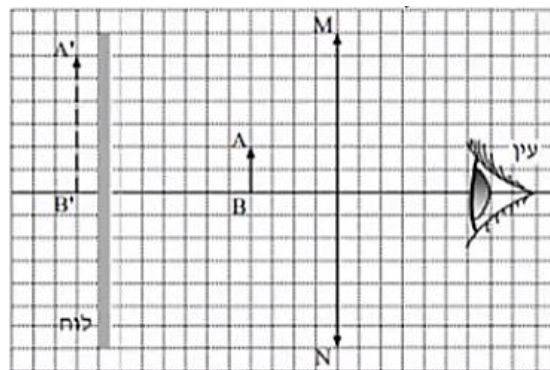
- א. 1. מצא את אורך מוקד העדשה.
2. חשב את עוצמת העדשה. הצג את תשובתך בדיופטר.

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.
- ג. את הלוח האטום-לאור מעבירים אל מאחורי הבול, כמוצג בתרשים ג.



תרשים 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).
שרטט קרן, היוצאת מראש הבול A, עוברת בעדשה, וחודרת למרכז האישון של עין הצופה.
תאר כיצד קבעת את מהלך הקרן ששרטטת.

תשובות סופיות

- (1) א. ראו בוידאו. ב. 1. 6m .2 6m ג. 2.4m ד. ראו בוידאו.
- (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) ראו בוידאו.
- (4) א. ראו בוידאו. ב. ראו בוידאו. ג. כן. ד. 0.85m
ה. ללא שינוי.
- (5) א. 2.43m
- (6) א. 26.3° ב. ראו בוידאו.
- (7) א. לא. ב. $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \theta_1$ ג. ראו בוידאו. ד. 1.353
- (8) ראו בוידאו.
- (9) ראו בוידאו.
- (10) ראו בוידאו.
- (11) ראו בוידאו.
- (12) ראו בוידאו.
- (13) א+ב. ראו בוידאו. ג. 0.6m
- (14) א. ראו בוידאו. ב. 1.85 ג. ראו בוידאו.
- (15) 1.א. ישרה. 2. מדומה. 3. מוגדלת. ב. מרכזת. ג. בוידאו. ד. כן.
- (16) א. ראו בוידאו. ב. 1.5sec ג. IV
- (17) א. ראו בוידאו. ב. 23.2° ג. ראו בוידאו.
- (18) א. לעבר המפה. ב+ג. בוידאו. ד. 1
- (19) א. ראו בוידאו. ב. תרשים ב'. ג. 50cm ד. 27.3cm
- (20) א. ראו בוידאו. ב. $r = 1.14$ ג. ראו בוידאו. ד. 2.28m ה. בוידאו.
- (21) א-ג. ראו בוידאו. ד. 2m ה. לא.
- (22) א+ב. ראו בוידאו. ג. 1. ראו בוידאו. 2. 4cm ד. $u > f$ ה. 8cm
- (23) א+ג. ראו בוידאו. ד. כן, צופה C. ה. 1
- (24) א. 45cm ב. פי 4. ג. $u_1 = 120 \text{ cm}$, $u_2 = 40 \text{ cm}$ ד. ראו בוידאו.
- (25) 1.א. 30cm 2. 3.33D ב. לא. ג. כן. ד. עם העדשה. ה. בוידאו.

האטום – התפתחות היסטורית ומודל האטום של בוהר

(1) תרגיל 1 – אטום מימן

- איזו אינטראקציה תתרחש בין גז מימן ברמת היסוד ובין:
- אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 12 אלקטרון וולט?
 - פוטונים בעלי אנרגיה של 12 אלקטרון וולט?
 - פוטונים בעלי אנרגיה של 15 אלקטרון וולט?
 - אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 15 אלקטרון וולט?
- כדי לענות על כך היעזרו בדיאגרמה לרמות אנרגיה של אטום מימן.

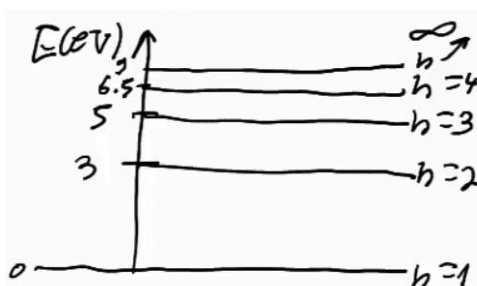
(2) תרגיל 2 – אטום מימן

- בניסוי מסוים העבירו דרך גז מימן חד אטומי ברמת היסוד אלקטרונים שהוצאו לאנרגיה קינטית של 13 אלקטרון וולט.
- כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של גז זה?
 - מה הערכים האפשריים של האנרגיה הקינטית לאלקטרונים שהוצאו לאחר מעברם בגז?
 - 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.
- כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?
 - כיצד ייראה ספקטרום הפליטה של הגז?
 - מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון האנרגטי ביותר?

(4) גזים אחרים – תרגיל 1



- נתונה דיאגרמת רמות האנרגיה של גז מסוים:
- איזו אינטראקציה תתרחש אם נקרין את הגז בפוטונים בעלי אנרגיה של 6 אלקטרון וולט?
 - איזו אינטראקציה תתרחש אם נאיץ אל הגז אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 6 אלקטרון וולט?
 - במידה ותתרחש אינטראקציה עם הגז, תאר מה יקרה לאחר מכן.

(5) גזים אחרים – תרגיל 2

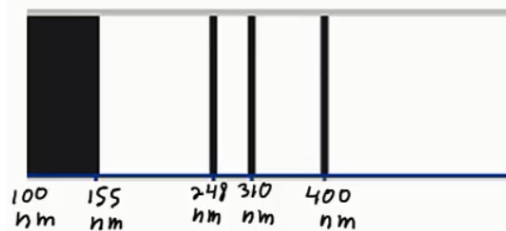
מעבירים דרך גז לא ידוע אור בטווח אורכי גל גדול מ-180 ננומטר וקטן מ-700 ננומטר. מקבלים ספקטרום בליעה בו חסרים 3 אורכי גל:

1. 620 ננומטר.
2. 400 ננומטר.
3. 248 ננומטר.

- 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.
- ד. עם איזה אנרגיה קינטית יכולים האלקטרונים החופשיים להמשיך לאחר מעברם בגז?

(6) גזים אחרים – תרגיל 3

בניסוי מסויים הוקרן גז לא ידוע באור בספקטרום רציף בתחום גדול או שווה מ-100 ננומטר וקטן או שווה 500 ננומטר. 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 באורך גל קטן או שווה 155 ננומטר.
 - ii. חשבו את האנרגיה הדרושה ליינון אטום זה.
 - ג. שרטטו דיאגרמת רמות אנרגיה לאטום.
 - ד. בחרו את אנרגיית רמת היסוד כרצונכם.
 - ה. חשבו את אורכי הגל הנפלטים באטום זה.
 - ו. מה המהירות המקסימלית של אלקטרון שיפלט מאטום זה?

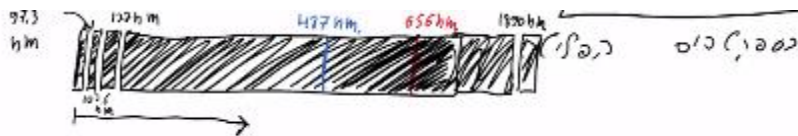
(7) אטומים דמויי מימן – תרגיל

- 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 שלל הליום זה, ומה אורכי הגל שלהם?
 - ד. מאירים על גז זה בפוטונים בעלי אורך גל 62 ננומטר. תארו מה יקרה.

תשובות סופיות:

(1) ראו בוידאו הסברים מלאים.

(2) א.



ב.

① $E_k = 13.6 \text{ eV}$ ← מהירות מסלולית של $\oint \vec{v} \cdot d\vec{r}$ הקוויים.

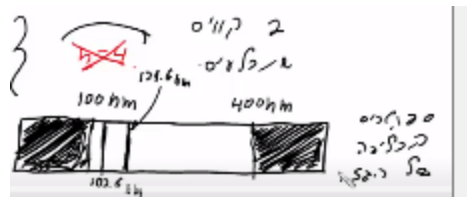
② $E_k = 2.9 \text{ eV}$ ← מהירות מסלולית של $\oint \vec{v} \cdot d\vec{r}$ הקוויים.

③ $E_k = 0.91 \text{ eV}$ ← מהירות מסלולית של $\oint \vec{v} \cdot d\vec{r}$ הקוויים.

④ $E_k = 0.25 \text{ eV}$ ← מהירות מסלולית של $\oint \vec{v} \cdot d\vec{r}$ הקוויים.

ג. $7.93 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

(3) א.



ג. $2.42 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

ב. הסבר מפורט בוידאו.

(4) תשובות מפורטות בוידאו.

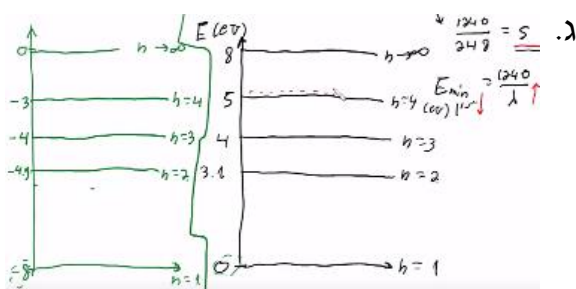
(5) תשובות מפורטות בוידאו.

(6) א. ראו בוידאו. ב. 8 eV

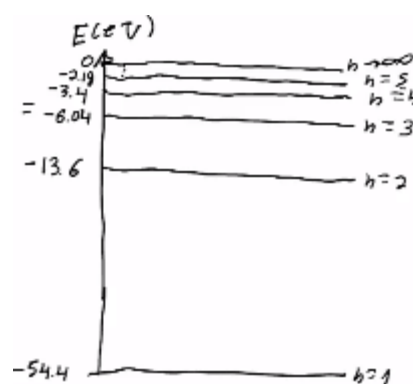
ד. ראו בוידאו.

ה. $1.24 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(7) א.



ב-ה. ראו בוידאו.



אפקט פוטואלקטרי

1) אפקט פוטואלקטרי – תרגיל 1

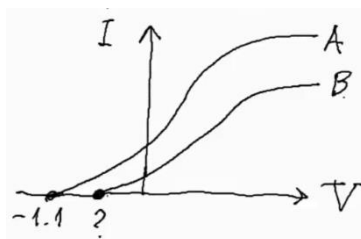
- תא פוטואלקטרי מסוים מוקרן באור בתדירויות משתנות.
ברגע שהוא מוקרן באור בתדירות $f = 8 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$, מתחילים להיפלט אלקטרונים מהקתודה.
א. מה פונקציית העבודה של התא?
ב. כעת מקרינים את התא באור באורך גל של 300 ננומטר.
מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים?
ג. מה תהיה מהירותם?
ד. 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 לבדדה 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 לפי:



- 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:

$f(10^{14} \text{ Hz})$	$E_k(\text{eV})$
11.84	2.57
9.60	1.67
8.22	1.09
7.41	0.73
6.91	0.55
5.49	---

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. 3.31 eV ב. 0.82 eV ג. $V = 5.37 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ד. לא.

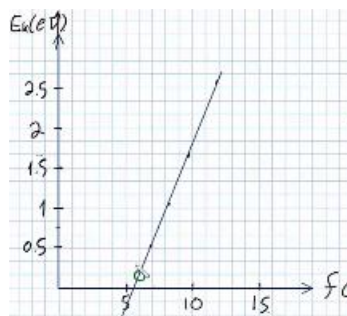
(2) ראו בוידאו.

(3) א. $\lambda_1 = A, \lambda_2 = B$ ב. $B = 1.38 \text{ eV}$ ג. $1.4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ד. 0.87 V ה.

בוידאו.

(4) א. ב. i. $4.16 \cdot 10^{-15} \text{ eVS}$ ii. 2.33 eV iii. $5.6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

ג. ראו בוידאו.



(5) א. 2 eV ב. $3 \cdot 10^{-4} \text{ A}$ ג. 6 mA

אנרגיית קשר של הגרעין ויציבות גרעינים

שאלות

- (1) חשבו את אנרגיית הקשר הגרעינית של ליתיום 7.
- (2) מצאו את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקליאון של פחמן 12.

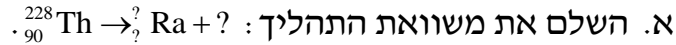
תשובות סופיות

- (1) $\Delta E = 39.2 \text{ MeV}$
- (2) $E = 7.684$

רדיואקטיביות

שאלות

1) תוריום 228 מתפרק התפרקות אלפא ונוצר גרעין בת של רדיום 224.



ב. מצא את האנרגיה הקינטית המקסימלית האפשרית שתהיה לנוצר החסר.

נתון שמסתו האטומית של תוריום 228 היא 228.028741u ,

ומסתו האטומית של רדיום 224 היא 224.020186u .

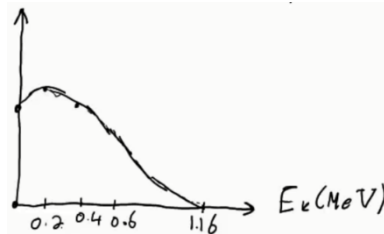
ג. הסבר מדוע כמעט בכל המקרים האנרגיה הקינטית של התוצר השני תהיה קטנה מהערך שחישבת בסעיף ב.

2) עורכים ניסוי עם חומר רדיואקטיבי בשם ביסמוט (${}_{83}^{210}\text{Bi}$).

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 הנפלטים 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 .

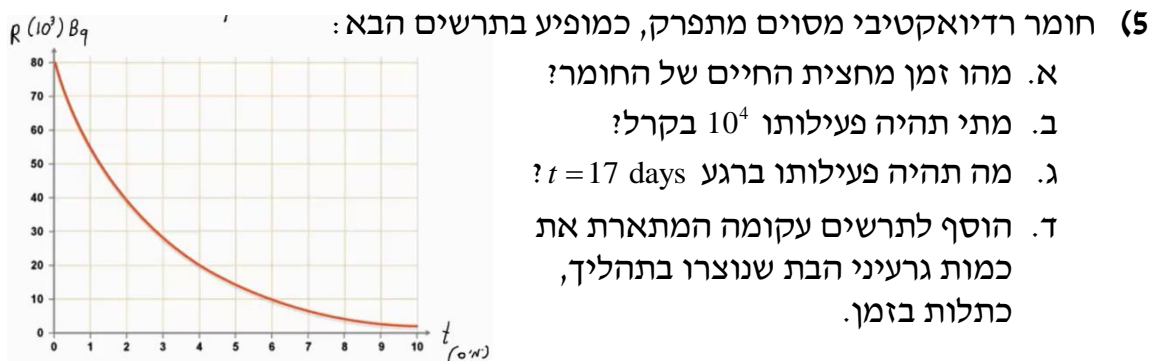
i. הסבר כיצד נקודת החיתוך של הגרף עם הציר האופקי תומכת בחוק שימור מסה-אנרגיה.

ii. הסבר מדוע שאר הנקודות בגרף לא סותרות חוק שימור זה, ואיזה תגלית היסטורית הוסקה בעזרת גרף זה.

3) נתון מדגם של חומר רדיואקטיבי בעל 10^{10} גרעינים וזמן מחצית חיים של יומיים וחצי.

- כמה גרעינים רדיואקטיביים יישארו במדגם לאחר יומיים וחצי?
- כמה גרעיני בת ייווצרו לאחר 7 וחצי ימים?
- כמה גרעיני אב יישארו לאחר 9 ימים?
- מה תהיה הפעילות לאחר 9 ימים?

- 4 נתון מדגם של נתרן $^{24}_{11}\text{Na}$ 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.
- כתוב את משוואת תהליך ההתפרקות.
 - מה פעילות מדגם זה ברגע $t = 0$?
 - מה תהיה פעילותו (בבקרל) לאחר 30 שעות?
 - כמה גרעיני בת יוצרו לאחר 42 שעות?



- 6 אורניום $^{235}_{92}\text{U}$ מתפרק בשרשרת התפרקויות שכוללת 3 התפרקויות אלפא ו-2 התפרקויות בטא מינוס.
- מצא את המספר האטומי ומספר המסה של הגרעין החדש שנוצר. אותו $^{235}_{92}\text{U}$ ממשיך בשרשרת ההתפרקות שלו, ומסיים כאיזוטופ יציב של עופרת ($^{207}_{82}\text{Pb}$).
 - מצא כמה התפרקויות אלפא וכמה התפרקויות בטא מינוס עבר בתהליך.

- 7 פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני (חי) נמדדה ושווה ל-231 בקרל.
- מה תהיה פעילותו של חומר אורגני שמת לפני 5,736 שנה?
ii לפני 11,472 שנה?
 - פעילותה של ערימת חומר (1 ק"ג) שנחפרה באפריקה נמדדה, ונמצא כי היא שווה ל-160 בקרל. מתי הפסיק לתפקד חומר זה?
 - מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני שבוע?
 - מה תהיה פעילותו של 1 ק"ג חומר אורגני שהפסיק לתפקד לפני 65 מיליון שנה?

תשובות סופיות

(1) א. ${}_{90}^{228}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{224}\text{Ra} + {}_2^4\text{He}$ ב. $E_{\nu_{\max}} = -5.55\text{MeV}$ ג. $E_{\nu_{\max}} < -5.55\text{MeV}$

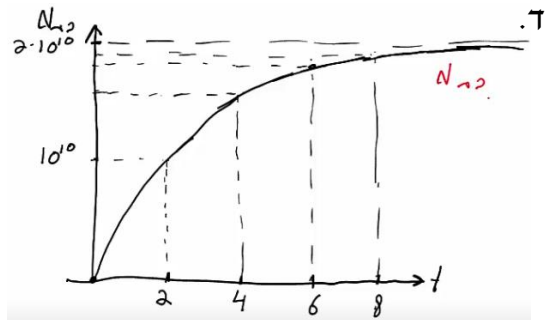
(2) א. ${}_{83}^{210}\text{Bi} \rightarrow {}_{84}^{210}\text{Po} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$ ב. הסברים בסרטון.

(3) א. $5 \cdot 10^9$ ב. $8.75 \cdot 10^9$ ג. $8.25 \cdot 10^8$ ד. 2645Bq

(4) א. ${}_{11}^{24}\text{Na} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$ ב. $6.43 \cdot 10^{17}\text{Bq}$ ג. $1.61 \cdot 10^{17}\text{Bq}$

ד. $4.3 \cdot 10^{22}$

(5) א. יומיים. ב. אחרי שישה ימים. ג. 221Bq



(6) א. ${}_{88}^{223}\text{Ra}$ ב. 7 התפרקויות אלפא ו-4 בטא.

(7) א. 115.5Bq א. 57.75Bq ב. לפני 3,031 שנה בערך.

ג. אי אפשר לדעת. ד. $R \rightarrow 0$

תגובות גרעיניות

שאלות

- 1** יורים על גרעין $^{27}_{13}\text{Al}$, שמסתו האטומית $26.981538u$, גרעין הליום. בתגובה נוצר גרעין לא ידוע, שמסתו $29.9783138u$, 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** נתונה התגובה הבאה: $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ?$. א. השלם את התגובה. ב. נתון שאנרגיית הקשר לנוקליאון לדויטריום (^2_1H) היא 1.11226MeV , ולהליום 3 (^3_2H) היא 2.5727MeV . מצא כמה אנרגיה יש להשקיע בתגובה הנ"ל, כדי שתקרה.

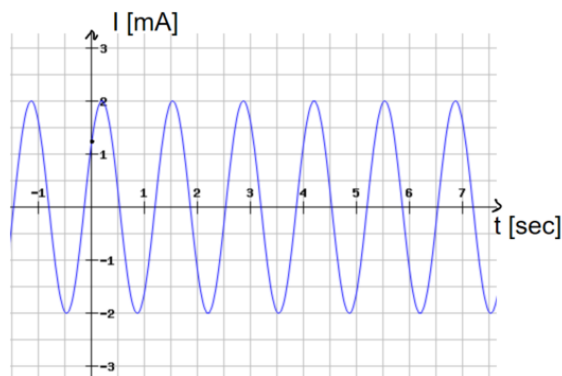
תשובות סופיות

- 1** א. $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{15}\text{P} + ^1_0\text{n}$ ב. $\Delta E = 2.65\text{MeV}$ ג. אנרגיה קינטית לתוצרים ופליטה של אנרגיה בצורת פוטונים.
- 2** א. $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{H} + ^1_0\text{n}$ ב. התהליך יקרה מעצמו (0).

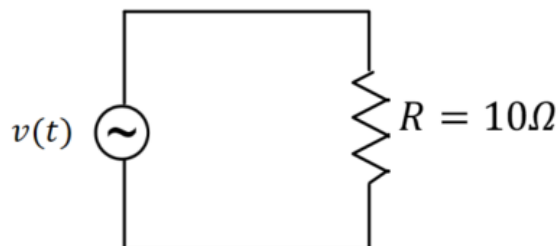
מעגלי זרם חילופין

שאלות

- (1) דוגמה – 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) דוגמה 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 פונקציה של הזרם כתלות בזמן.

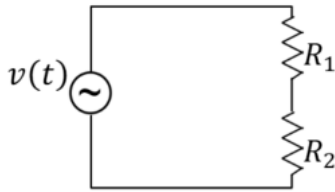


- (3) דוגמה – נגד ומקור בלבד**
 נגד בעל התנגדות של 10 אוהם מחובר למקור מתח חילופין אידיאלי (ללא התנגדות פנימית) בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 50 הרץ.
 א. מהי התדירות הזוויתית של המקור?
 ב. רשום נוסחה למתח המקור כתלות בזמן.
 ג. מהו הזרם כתלות בזמן במעגל?



4 דוגמה – שני נגדים בטור

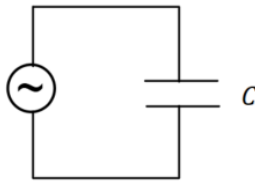
במעגל הבא שני נגדים, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, המחוברים בטור למקור מתח חילופין אידיאלי, בעל מתח מקסימלי 5V ותדירות 10Hz.



- 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 דוגמה – קבל ומקור

מקור מתח חילופין בעל מתח מקסימאלי של 5 וולט ותדירות של 100 הרץ מחובר לקבל בעל קיבול $C = 150\mu F$.

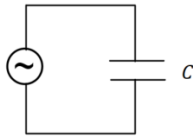


- א. מצא את המתח של המקור כתלות בזמן.
- ב. חשב את ההיגב של הקבל.
- ג. מצא את הזרם בקבל כתלות בזמן.

6 דוגמה – חישוב קיבול מהיגב

במעגל של מקור אידיאלי וקבל בלבד נתון כי מתח המקור הוא

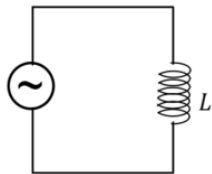
$$V_s(t) = 3 \sin\left(120t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ בוולט, והזרם הוא } I(t) = 0.02 \sin(120t) \text{ באמפר.}$$



- א. מצא את ההיגב של הקבל.
- ב. חשב את הקיבול של הקבל.

7 דוגמה – סליל ומקור

סליל בעל השראות $L = 30\text{mH}$ 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 דוגמה – מצא את המתח

במעגל עם מקור מתח חילופין מחברים אמפרמטר בטור לסליל. השראות הסליל היא $L = 50\text{mH}$.

$$I(t) = 0.03 \sin(20\pi \cdot t) \text{ הוא כי הזרם כתלות בזמן}$$

- א. חשב את העכבה של הסליל.
- ב. מהו המתח על הסליל כתלות בזמן?

9) דוגמה – בניית פאזורים

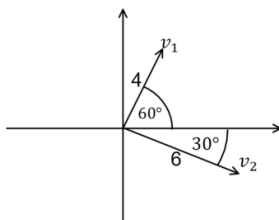
צייר את הפאזור המתאים לכל אחת מהפונקציות הבאות, על מערכת צירים:

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) דוגמה – חישוב הפונקציות מהפאזורים

חשב את הפונקציה המתאימה לפאזורים הבאים, אם ידוע כי תדירות המקור היא 50 הרץ.

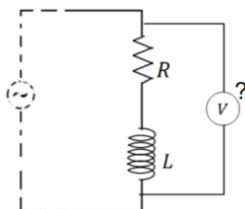


11) דוגמה – חיבור שתי פונקציות

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) דוגמה – חיבור סליל ונגד



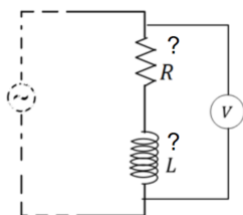
סליל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.

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) דוגמה – פירוק 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) דוגמה – פירוק קבל ונגד

קבל ונגד מחוברים בטור במעגל עם מקור מתח חילופין.
מד מתח מודד את המתח על הקבל והנגד ביחד.

פונקציית המתח שמוודד 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) דוגמה – חישוב מתח לכל רכיב

במעגל RLC נתון: $R = 100\Omega$, $L = 30\text{mH}$, $C = 330\mu\text{F}$,
והזרם כתלות בזמן הוא $I(t) = 0.03 \sin(2\pi \cdot 40 \cdot t)$ באמפר.
מצא את המתח כתלות בזמן בכל רכיב.

16) דוגמה – חישוב זרם

מקור מתח חילופין מחובר בטור לנגד סליל וקבל.
נתון כי $R = 10\Omega$, $L = 33\text{mH}$, $C = 100\mu\text{F}$.
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) דוגמה – חישוב עכבה של סליל ונגד בלבד

נגד וסליל מחוברים בטור למקור מתח חילופין. התנגדות הנגד היא R ,
השראות הסליל היא L והתדירות הזוויתית של המקור היא ω .
חשב את העכבה של המעגל (התייחס לפרמטרים בשאלה כנתונים).

18) דוגמה – חישוב מתח מקור כתלות בזמן

במעגל מתח חילופין המכיל נגד, סליל וקבל המחברים בטור, נתון כי:
 $R = 20\Omega$, $L = 30\text{mH}$, $C = 100\mu\text{F}$.
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) דוגמה – מתח מקסימאלי בארה"ב

בארה"ב המתח בשקע הוא 110V 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

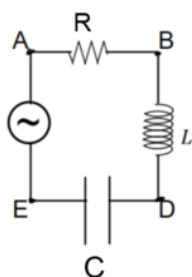
מקור מתח חילופין עם מתח מקסימאלי של 110 וולט ותדירות 40 הרץ מחובר לסליל של $100mH$ עם התנגדות פנימית של 30Ω .
 הנח כי הזרם בזמן אפס שווה לאפס.
 א. חשב את העכבה של המעגל.
 ב. מה הביטוי לזרם בסליל כפונקציה של הזמן?
 ג. מה הביטוי למתח של הסליל ומתח המקור כתלות בזמן?

(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, וכן :



$$V_s(t) = 110 \sin(200t), \quad R = 50\Omega, \quad L = 50mH, \quad C = 70\mu F$$

- 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. $\omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}, f = 0.02$, ב. $V(t) = 220V \sin(314 \cdot t)$ ג.

2. א. $I_{\max} = 2\text{mA}$, ב. $\omega = 1.5\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}, T = \frac{4}{3}\text{s}$, ג. $\theta = 0.675\text{rad}$ ד.

$I(t) = 2\text{mA} \sin(1.5\pi t + 0.675)$

3. א. $\omega = 314 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$, ב. $V(t) = 5V \sin(314t)$, ג. $I(t) = 0.5A \sin(314t)$ ד.

4. א. $V(t) = 5 \sin(62.8t)$, ב. $I(t) = \frac{1}{3} \sin(62.8t)$, ג. $I_1 = I_2 = \frac{1}{3} \sin(62.8t)$ ד.

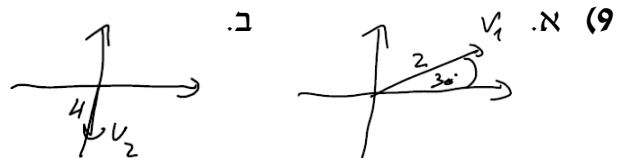
$V_2(t) = \frac{10}{3} \sin(62.8t)$ ד.

5. א. $V_s(t) = 5 \sin(628t)$, ב. $x_c = 10.3\Omega$, ג. $I(t) = 0.485 \sin\left(628t + \frac{\pi}{2}\right)$ ד.

6. א. $x_c = 150\Omega$, ב. $C = 55.6\mu\text{F}$

7. א. $V_s(t) = 8 \sin(251t)$, ב. $x_c = 7.56\Omega$, ג. $I(t) = 1.06 \sin\left(251t - \frac{\pi}{2}\right)$ ד.

8. א. $x_c = 3.14\Omega$, ב. $V_c(t) = 9.42 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ ג.



10. $V_1(t) = 4 \sin\left(314t + \frac{\pi}{3}\right), V_2(t) = 6 \sin\left(314t - \frac{\pi}{6}\right)$

11. $V(t) = 12.9 \sin(20t + 0.684)$

12. $V_{CR}(t) = 5 \sin(50t + 0.93)$

13. $V_R(t) = 10 \sin(20t), V_L(t) = 10\sqrt{3} \sin\left(20t + \frac{\pi}{2}\right)$

14. $V_R(t) = 4.05 \sin(10t), V_C(t) = 2.94 \sin\left(10t - \frac{\pi}{2}\right)$

15. $V_R(t) = 3 \sin(80\pi t), V_C(t) = 0.317 \sin\left(80\pi t - \frac{\pi}{2}\right), V_L(t) = 0.226 \sin\left(80\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$

$$I(t) = 0.211 \sin(314t) \quad \text{ג.} \quad I_{\max} = 0.211 \text{ A} \quad \text{ב.} \quad z = 23.7 \Omega \quad \text{א. (16)}$$

$$z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \quad \text{(17)}$$

$$V_R(t) = 2 \sin(20\pi t), \quad V_C(t) = 15.9 \sin\left(20\pi t - \frac{\pi}{2}\right), \quad V_L(t) = 0.188 \sin\left(20\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{א. (18)}$$

$$V_s(t) = 16 \sin(20\pi t + 1.45) \quad \text{ג.} \quad \theta_s = 1.45 \text{ rad} \quad \text{ב.}$$

$$V_{\max} = 156 \text{ V} \quad \text{(19)}$$

$$I(t) = 3.02 \sin\left(80\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \quad \text{ב.} \quad V_C(t) = 120 \sin(80\pi t) \quad \text{א. (20)}$$

$$V_{\text{eff}} = 84.85 \text{ V}, \quad I_{\text{eff}} = 2.135 \text{ A} \quad \text{ג.}$$

$$V_{Lr} = V_s(t) = 110 \sin(80\pi t + 0.696) \quad \text{ג.} \quad I(t) = 2.81 \sin(80\pi t) \quad \text{ב.} \quad z = 39.1 \Omega \quad \text{א. (21)}$$

$$C = 127 \mu\text{F} \quad \text{ג.} \quad I(t) = 3.57 \sin(100\pi t - 55.96) \quad \text{ב.} \quad V_{Lr} = 200 \sin(100\pi t) \quad \text{א. (22)}$$

$$\theta_{\text{BE}} = -\frac{\pi}{2} \quad \text{ד.} \quad \theta_{\text{AD}} = 0.198 \text{ rad} \quad \text{ג.} \quad V_{\text{BE}_{\text{eff}}} = 60.3 \text{ V} \quad \text{ב.} \quad V_{\text{AD}_{\text{eff}}} = 50.1 \text{ V} \quad \text{א. (23)}$$